

پراکندگی اجزای رسوبی و بررسی کانی‌شناختی در بخش شمالی خلیج فارس (پهنه دریایی و رودخانه‌های ورودی)

رضا بهبهانی^{۱*} و راضیه لک^۲

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان
۲- پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران

نویسنده مسئول: rezabehbahani30@yahoo.com

دریافت: ۹۸/۲/۱۷ پذیرش: ۹۸/۵/۲۴

چکیده

در این پژوهش، اجزای رسوبی و کانی‌ها در بخش شمالی خلیج فارس و رودخانه‌های ورودی به آن بررسی شده است. این مطالعه بر اساس ویژگی‌های رسوب‌شناختی (اندازه ذرات، نوع رسوب و اجزای تشکیل‌دهنده) و کانی‌شناختی با استفاده از داده‌های بدست آمده در این پژوهش صورت گرفته است. ۲۰۰ نمونه‌ی رسوب سطحی از ژرفای آب بین ۱۰ تا ۱۰۰ متر از مناطق ساحلی تا بخش‌های ژرف ایرانی بستر خلیج فارس و رودخانه‌های ورودی به آن (ژرفای آب بین ۱ تا ۴ متر) با نمونه‌گیر فکی برداشت شده و از نظر اندازه ذرات، محتوای زیستی و آواری و کانی‌شناسی (آنالیز پراش اشعه ایکس) تحت آنالیز قرار گرفتند. رسوبات بستر از ذرات آواری به نسبت کم‌تر (نظیر کوارتز، فلدسپار، میکا و خرده‌سنگ) و آلی-زیستی به نسبت بیش‌تر (نظیر گاستروپودا، استراکودا، اکینودرم، بریوزا و فرامینیفرهای پلانکتونیک و کفزی) تشکیل شده‌اند. بیش از ۵۰ درصد از اجزای بستر از ذرات در اندازه سیلت و رس (گل) تشکیل شده است. ۴ نوع رسوب عمده (گل با کمی گراول، گل ماسه‌ای، گل گراولی و گل ماسه‌ای با کمی گراول) بیش از ۷۵ درصد از رسوبات بستر را تشکیل می‌دهند. اجزای آواری حوضه پیش‌بوم خلیج فارس تقریباً از فرسایش کمربند کوهستانی آناطولی-زاگرس نشأت می‌گیرند. مشابهت رسوبات رودخانه‌ای و دریایی کم‌ژرفا و ژرف (به استثنای قطعات پوسته در رسوبات دریایی) نشان‌دهنده منشأ یکسان آن‌ها است. علاوه بر آن، تاثیر مکانیسم‌های گوناگون انتقال رسوبات نظیر جریان‌های تحت تاثیر امواج، رودخانه‌ای و جزر و مدی در پراکندگی رسوبات در مناطق کم‌ژرفا در این پژوهش دوباره به اثبات رسیده است. رودخانه‌های ورودی به خلیج فارس از عوامل مهم در تامین و انتقال اجزای آواری (ذرات در اندازه گراول-رس) به بخش شمالی آن هستند. اجزای آواری و آلی-زیستی توسط جریان‌های دریایی و جزر و مدی در تمام خلیج فارس پراکنده می‌شوند. اغلب کانی‌های رسی (کائولینیت، ایلیت، اسمکتیت، کلریت) به استثنای پالی‌گورسکیت (منشأ اتوزنیک) در بخش شمالی خلیج فارس از نوع آواری هستند.

واژه‌های کلیدی: اجزای رسوبی، خلیج فارس، کانی‌شناسی، ذرات آواری، کانی رسی

مقدمه

آب دریا در زمان هولوسن (بهبهانی و همکاران، ۲۰۱۵)، مقادیر فراوان گرد و غبار به سبب وزش بادهای شدید (الدوساری و همکاران، ۲۰۱۷؛ احمدی بیرگانی و همکاران، ۲۰۱۸) و رسوب‌گذاری مستقیم اجزاء آلی-زیستی^۱ است (بهبهانی و همکاران، ۲۰۱۵؛ گارزانتی و همکاران، ۲۰۱۶). البته در بخش‌های شمالی و جنوبی خلیج فارس، جریان‌های ناشی از باد، امواج و جزر و مد (مخصوصاً در شمال باختری آن) نقش بسزایی در حمل و نقل رسوبات در امتداد سواحل آن دارند (کامف و صدری-نسب، ۲۰۰۶؛ یثا، ۲۰۰۸؛ پوس و همکاران، ۲۰۱۲؛

خلیج فارس نمونه‌ای از دریاهای حاشیه قاره‌ای عهد حاضر است که رسوبات کربناته و آواری در سواحل شمالی و جنوبی آن ته‌نشست می‌گردد (هیوارت و بیتمن، ۲۰۰۷). در مناطق شمالی آن، دلتای بزرگ اروندرود و رودخانه‌های ورودی متعدد (نظیر اروندرود، کارون، مند، حله و زهره) (بهبهانی و همکاران، ۲۰۱۵) و هم‌چنین تاثیر فراوان این ناحیه از خشکی‌های مجاور (گارزانتی و همکاران، ۲۰۱۶) سبب گردیده که میزان اجزای آواری در این بخش نسبت به مناطق جنوبی خلیج فارس افزایش یابد. باید ذکر شود که رسوب‌گذاری در این ناحیه حاصل دینامیک رودخانه‌ای (رسوبات آواری) و بالا آمدن سطح

¹ Organic-biogenic

موقعیت جغرافیایی

خلیج فارس یک حوضه رسوبی محصور در بین کشورهای ایران، کویت، عربستان، بحرین، قطر، عراق و امارت متحده عربی می‌باشد این دریا ۹۹۰ کیلومتر طول دارد و عرض آن از ۵۶ تا ۳۳۸ کیلومتر در تغییر می‌باشد (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۲). وسعت آن در حدود ۲۴۰۰۰۰ کیلومتر مربع تخمین زده شده است (بارت و یارخان، ۲۰۰۸). منطقه مورد مطالعه در نواحی شمالی خلیج فارس در حد فاصل نواحی دریایی تنگه هرمز در خاور و دلتای اروندرود و خورموسی در باختر و رودخانه‌های ورودی به بخش شمالی آن، واقع شده است. این ناحیه در بین ۳۰ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۲۶ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵ دقیقه طول خاوری واقع شده است (شکل ۱).

صدری‌نسب و حسینی، ۲۰۱۲؛ الازهر و همکاران، ۲۰۱۶). اگر چه مطالعات مرتبط با رسوب‌شناسی و مواد آلی (ژئوشیمی آلی) بخش‌های متفاوت خلیج فارس و نواحی مجاورش توسط پژوهش‌گران مختلفی از جمله پرسر و سیبولد (۱۹۷۳)، کلارک و کجی (۱۹۷۳)، سیبولد و همکاران (۱۹۷۳)، پرسر و اوانس (۱۹۷۳)، البدران و حاسن (۲۰۰۳)، چنانی و لک (۱۳۸۸)، سازمان بنادر و دریانوردی (۱۳۸۹)، بهبهانی و همکاران (۱۳۹۰، ۱۳۹۲، ۲۰۱۵)، دهقان‌چناری (۱۳۹۱ و ۱۳۹۳)، غریب‌رضا و همکاران (۲۰۱۴)، گارزانتی و همکاران (۲۰۱۶) و الدوساری و همکاران (۲۰۱۷) صورت گرفته است، با این وجود نیاز به مطالعه تکمیلی‌تر در ارتباط با بخش شمالی خلیج فارس احساس می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی اجزای رسوبی و کانی‌شناسی در بخش شمالی خلیج فارس و رودخانه‌های منتهی به آن است.

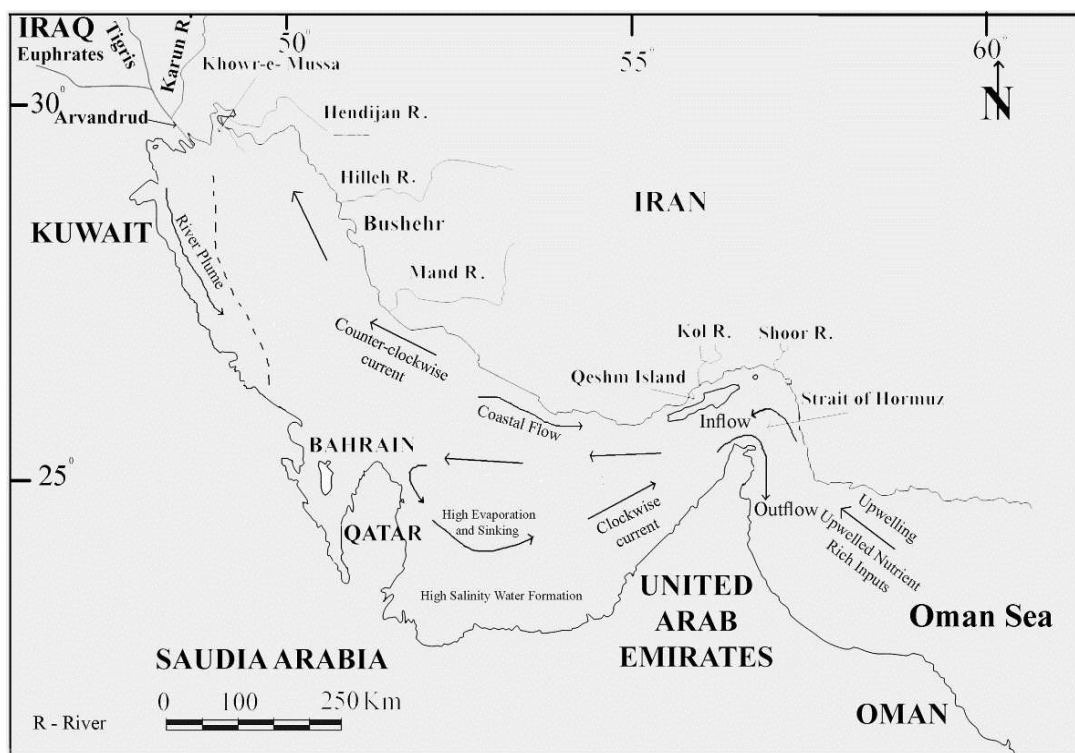


شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه و محل نهرهای اصلی نمونه‌برداری دریایی (۱۶ نهر)، نقاط اصلی نمونه‌برداری دریایی (۵۱ عدد: T-1-1 تا T-16-4 که به ترتیب از مناطق کم‌رُفا تا ژرف را شامل می‌شوند)، موقعیت جغرافیایی خورموسی در شمال باختری خلیج فارس (۱۶ نمونه برداشت‌شده (ch) جهت آنالیز پراش اشعه ایکس و شناسایی اجزای تشکیل‌دهنده آن و نقاط نمونه‌برداری رودخانه‌ای استان‌های هرمزگان، بوشهر (۸ نمونه: M-1، M-2، K-1، K-2، Ma-1، Ma-2، H-1، H-2) و استان خوزستان (Dez: رودخانه دز، Mar: رودخانه شاور، Ka: رودخانه کارون، Kark: رودخانه کرخه، Jarahi: رودخانه جراحی، Ramh: رودخانه رامهرمز، Bahman: رودخانه مارون، Zohreh: رودخانه زهره، Bahman: رودخانه بهم‌نشین و Arvand: اروندرود) در بخش شمالی خلیج فارس. لازم به ذکر است که رودخانه‌های عمده ورودی به خلیج فارس در بخش شمال باختری (استان خوزستان) آن قرار گرفته‌اند.

جریان‌های دریایی

جریان‌های دریایی خلیج فارس عمدتاً سه منشأ چگالی، بادی و جزر و مدی دارند (صدری‌نسب و حسینی، ۲۰۱۲؛ الازهر و همکاران، ۲۰۱۶). به طور کلی علاوه بر الگوی عمومی جریان آب در خلیج فارس (جریان سطحی نسبتاً آرام پادساعت‌گرد در طول سواحل ایران و جریان ژرف و چگال ساعت‌گرد در بخش جنوبی آن)، جریان‌های حاکم بر خلیج فارس را می‌توان به سه دسته تقسیم نمود (پوس و همکاران، ۲۰۱۲؛ صدری‌نسب و حسینی، ۲۰۱۲؛ الازهر و همکاران، ۲۰۱۶): ۱- جریان‌های متأثر از باد^۱. ۲- جریان‌های موازی ساحل^۲. ۳- جریان‌های بالارونده و زیررونده^۳. مهم‌ترین جریان آب در خلیج فارس جریان پادساعت‌گرد (عکس حرکت عقربه‌های ساعت) است که در اثر اختلاف چگالی آب ایجاد می‌گردد (کامف و صدری‌نسب، ۲۰۰۶) (شکل ۲). شوری بیش‌تر آب حوضه

خلیج فارس نسبت به اقیانوس هند و دریای عمان موجب پیدایش این جریان از اقیانوس هند به خلیج فارس می‌شود. آب با شوری معمول اقیانوسی از طریق تنگه هرمز وارد خلیج فارس شده و به سمت شمال‌باختری به موازات سواحل ایران حرکت و در بخش باختری حوضه به سمت جنوب آن تغییر می‌کند. در طی پیمودن این مسیر در اثر فرایند تبخیر، آب چگال‌تر و ژرف‌تر شده و از بستر خلیج فارس (تنگه هرمز) خارج می‌گردد (شکل ۲). جریان باد نقش بسزایی در ایجاد پایین‌آمدگی^۴ در سواحل عربی (جنوبی) و پدیده بالاآمدگی در سواحل ایرانی (شمالی) خلیج فارس ایفا می‌نماید (رینولدز، ۱۹۹۳). هم‌چنین جریان‌های رودخانه‌های ورودی در انتهای شمال باختری خلیج فارس (نظیر اروندرود) به سمت جنوب خاوری ادامه می‌یابد.



شکل ۲. رژیم جریانی در خلیج فارس الگوی عمومی جریان آب در خلیج فارس شامل جریان پادساعت‌گرد در بخش شمالی و جریان ساعت‌گرد در بخش جنوبی آن می‌باشد.

¹ Wind driven currents

² Longshore currents

³ Upwelling and downwelling currents

⁴ Downwelling

مواد و روش‌ها

۱- بررسی‌های میدانی

در این پژوهش، ۱۲۵ نمونه سطحی (ژرفای نمونه‌برداری ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر) از بستر خلیج فارس (ژرفای آب بین ۱۰ تا ۱۰۰ متر از مناطق ساحلی تا بخش‌های ژرف ایرانی) در ۱۶ خط اصلی (نیمرخ) عمود بر ساحل (T-1 تا T-16) و نقاط ما بین آن‌ها، ۶۱ نمونه سطحی (ژرفای نمونه‌برداری مشابه نمونه‌های فوق‌الذکر) از خورموسی و نواحی دریایی مجاور آن در خط‌های عمود بر ساحل با فواصل ۸ کیلومتری و ۲۰ نمونه سطحی از رودخانه‌های وارده به بخش شمالی خلیج فارس (رودخانه‌های اروندرود (۱ نمونه)، بهمن‌شیر (۱ نمونه)، دز (۲ نمونه)، کرخه (۱ عدد)، زهره (هندیجان؛ ۱ عدد)، کارون (۲ عدد)، مارون (۱ عدد)، رامهرمز (۱ عدد)، شاور (۱ عدد)، جراحی (۱ عدد)، کل، میناب، حله و مند هر کدام ۲ عدد) توسط نمونه‌گیر رسوب بستر فکی^۱ برداشت گردید (شکل ۱). لازم به ذکر است که نمونه‌برداری سیستماتیک از مصب رودخانه‌ها به سوی دریا با فواصل ۳ کیلومتر در امتداد نیمرخ‌هایی به طول ۱۵ کیلومتر در رودخانه‌های زهره، بهمنشیر و اروند انجام شده است. نمونه‌برداری از مناطق دریایی طی گشت دریایی سال ۱۳۸۷ و نمونه‌برداری از رودخانه‌ها در سال ۱۳۹۳ توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور صورت گرفته است.

۲- بررسی‌های آزمایشگاهی

۶۷ نمونه از بستر خلیج فارس در بخش شمالی آن برای مطالعات کانی‌شناسی، ۱۸۶ نمونه جهت بررسی‌های رسوب‌شناختی (اندازه ذرات، تعیین نوع رسوب و شناسایی اجزای تشکیل‌دهنده) و ۲۰ نمونه از رودخانه‌های وارده به آن نیز جهت آنالیز پراش‌اشعه ایکس (بررسی‌های کانی‌شناسی) و تعیین اندازه ذرات مورد مطالعه قرار گرفتند. به منظور انجام مطالعات رسوب‌شناختی، نمونه‌های دریایی و رودخانه‌ای برداشت شده توسط دستگاه الک و لرزنده مرطوب (برای ذرات بالای ۶۳ میکرون) و ذرات کوچک‌تر از ۶۳ میکرون توسط دانه‌سنج لیزری^۲ مدل (21 Analysette) ساخت شرکت فریچ^۳ آلمان و در آزمایشگاه رسوب‌شناسی

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور مورد دانه‌سنجی قرار گرفتند. نام‌گذاری رسوبات دریایی و تعیین نوع رسوبات بر اساس معیار فولک (۱۹۷۴) انجام شده است. به منظور شناسایی ذرات رسوبی در محدوده اندازه‌های ۲ میلی‌متر تا ۲۵۰ میکرون، مطالعات مورفوسکوپی توسط میکروسکوپ الیمپوس^۴ انجام شد. سنجش میزان پراش اشعه ایکس^۵ جهت شناسایی ترکیب کانی‌شناسی ذرات رسوبی در رسوبات دریایی و رودخانه‌ای (رده‌های کوچک‌تر از ۲۵۰ میکرون حاصل از دانه‌سنجی به صورت نمونه کل^۶) در آزمایشگاه رسوب‌شناسی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور توسط دیفراکتومتر اشعه ایکس مدل زیمنس (D 5000) (ولتاژ ۴۰ کیلوولت، شدت جریان ۴۰ میلی‌آمپر و لامپ مس) انجام گرفته است. هم‌چنین، جهت بررسی‌های میکروسکوپی دقیق‌تر بر روی برخی اجزای رسوبی رسوبات دریایی و رودخانه‌ای از میکروسکوپ الکترونی^۷ زایس مدل (IGMA/VP) دارای قابلیت آنالیز نقطه‌ای^۸ موجود در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی استفاده شده است (به استثنای رسوبات گرفته شده از خورموسی و نواحی دریایی مجاورش که از میکروسکوپ الکترونی مدل (VEGA 2 TESCAN) موجود در شرکت متالورژی و فراوری رازی استفاده گردیده است). آماده‌سازی نمونه‌ها (تیمار) جهت آنالیز پراش اشعه ایکس از طریق چهار تیمار اشباع با پتاسیم، اشباع پتاسیم بعد از حرارت تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، اشباع منیزیم و اشباع منیزیم پس از تیمار اتیلن گلیکول انجام شده است.

۳- پردازش داده‌ها

جهت تهیه نقشه‌های توزیع ذرات در اندازه‌های گوناگون و انواع رسوب از نرم‌افزار Arc GIS (نسخه 9.3) استفاده شده است. اطلاعات حاصل از دانه‌سنجی و مشاهدات میدانی با یکدیگر تلفیق شده و نتایج آن‌ها به صورت نقشه‌های فوق‌الذکر ترسیم شده است. روش درون‌یابی^۹ مورد استفاده در این پژوهش کریجینگ^{۱۰} می‌باشد.

^۴ Olympus-SZX-16^۵ XRD^۶ Bulk^۷ SEM^۸ EDS^۹ Interpolation^{۱۰} Kriging^۱ Van Veen Grab^۲ Laser particle sizer^۳ Fritsch

محدودیت‌ها و ملاحظات

به دلیل وجود اجزای کربناته (درون حوضه‌ای و آواری) و آواری در کنار یکدیگر در رسوبات مورد مطالعه، جدایش و حذف اجزای کربناته و مطالعه ویژگی‌های بافتی (نظیر شکل و فابریک) اجزای آواری باقی‌مانده در این پژوهش امکان‌پذیر نمی‌باشد. در صورت انجام این عمل، ویژگی‌های بافتی بدست‌آمده و در نتیجه تحلیل محیطی حاصل از آن نادرست می‌باشد. اما لاجرم، جهت توصیف رسوبات و اجزای رسوبی در این پژوهش از میزان گردشگری برخی از اجزای آواری، اندازه ذرات و به دنبال آن تعیین انواع رسوبات استفاده شده است. استفاده از معیار فولک (۱۹۷۴) (طبقه‌بندی خاص اجزای آواری) جهت تعیین انواع رسوبات دریایی مخلوط آواری-کربناته (رسوبات موجود در بستر خلیج فارس) تا حدی چالش برانگیز است. اما با این وجود، به دلایل زیر در این پژوهش از این معیار بافتی استفاده شده است: ۱- امکان جدایش صحیح اجزای کربناته در جازا (درون حوضه‌ای) از اجزای آواری و کربناته آواری میسر نبوده است. همان‌طور که در بخش‌های بعدی این پژوهش ذکر می‌شود، بخشی از اجزای رسوبی مشاهده شده، کربنات‌های تخریبی (ذرات در اندازه ماسه- رس) و خرده‌سنگ‌های کربناته (عمدتا ذرات در اندازه ماسه) هستند که توسط عوامل انتقال نظیر رودخانه‌ها (یافت‌شده در این پژوهش) و باد و توفان (الدوساری و همکاران، ۲۰۱۷؛ احمدی- بیرگانی و همکاران، ۲۰۱۸) به بخش شمالی خلیج فارس آورده شده‌اند. در نتیجه، حذف تمام اجزای کربناته با روش‌های شیمیایی نظیر اسیدشویی به علت حذف اجزای کربناته تخریبی امری صحیح به نظر نمی‌رسد. همچنین، امکان جدایش اجزای کربناته درون حوضه‌ای از سایر اجزای رسوبی توسط پیک کردن میکروسکوپی فقط در ذرات در اندازه‌های بزرگ امکان‌پذیر است و در رده‌های کوچک‌تر از ۵۰۰ میکرون میسر نیست. ۲- فقدان معیار مناسب دیگری جهت طبقه‌بندی انواع رسوبات مخلوط آواری-کربناته. همچنین با توجه به یافته‌های این پژوهش امکان مشخص نمودن رسوبات بادی و تعیین مقادیر نیمه-کانی‌های شناسایی‌شده توسط آنالیز پراش اشعه ایکس امکان‌پذیر نبوده است.

نتایج

۱- پراکندگی ذرات در بخش شمالی خلیج فارس و رسوبات رودخانه‌ای ورودی به آن

بیش از ۵۰ درصد نمونه‌های دریایی و رودخانه‌ای مطالعه شده، از ذرات در اندازه سیلت و رس (در محدوده گل) تشکیل شده‌اند (شکل ۳). این ذرات گلی در تمام مساحت بخش ایرانی (شمالی) حوضه پراکنده هستند. ذرات در اندازه ماسه یک سوم از کل رسوبات بستر را به خود اختصاص داده‌اند و از نظر فراوانی کمتر از گل هستند. ذرات در اندازه گراول در محدوده مورد مطالعه عمدتاً در بخش ساحلی قرار دارند و به مقدار کمتر در بخش دریایی ژرف واقع شده‌اند. همچنین، نقشه‌های پراکندگی ذرات رسوبی در اندازه‌های ماسه و سیلت (شکل ۴)، نشان‌دهنده فراوان‌تر بودن ذرات در اندازه سیلت نسبت به ذرات در اندازه ماسه در بخش شمالی خلیج فارس هستند.

۲- انواع رسوبات و اجزای تشکیل‌دهنده آن‌ها

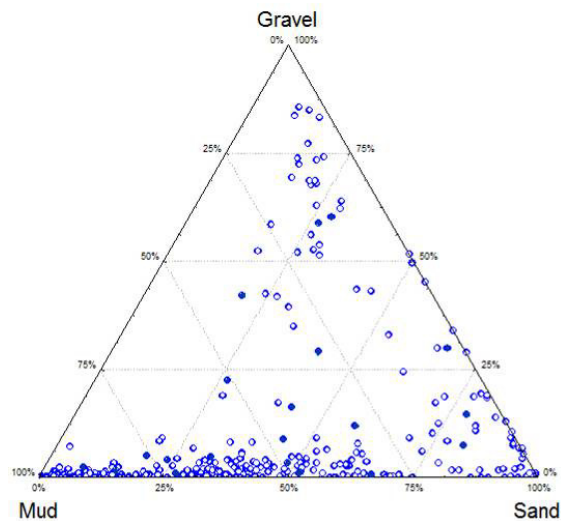
نتایج بررسی‌های رسوب‌شناسی نشان‌دهنده وجود ۴ نوع رسوب عمده بر اساس طبقه‌بندی فولک (۱۹۷۴) (به بخش مواد و روش‌ها مراجعه شود) شامل: گل با کمی گراول $[(g)M]$ ، گل‌ماسه‌ای (sM) ، گل‌گراولی (gM) و گل‌ماسه‌ای با کمی گراول $[(g) sM]$ می‌باشد که مجموعاً بیش از ۷۵ درصد از کل اجزا بستر را تشکیل داده‌اند. همچنین انواع رسوب ماسه‌گراولی (gS) ، ماسه با کمی گراول $[(g)S]$ ، گل (M) و غیره نیز در این نمونه‌ها به مقدار کمتر (کمتر از ۲۵ درصد از اجزا بستر) مشاهده شده است (شکل ۵).

لازم به ذکر است که به دلایل ۱- همراه بودن اجزای کربناته درون حوضه‌ای (قطعات اسکلتی) در کنار اجزای آواری در اندازه‌های متفاوت، ۲- نقش جریان‌های دریایی و جزر و مدی (با درجه اهمیت بیشتر)، جریان‌های بادی و رودخانه‌ای (موثر در مصب رودخانه‌ها) با درجه اهمیت کمتر و ۳- منشاهای گوناگون اجزای آواری در اندازه‌های متفاوت منتقل‌شده به حوضه رسوبی خلیج فارس، طیف گوناگونی از انواع رسوبات بدون ارتباط مشخصی بین اندازه ذرات و ژرفای آب (فراوان‌تر بودن ذرات در اندازه سیلت و رس و رسوبات گل‌غالب در مناطق کم‌ژرفا و ژرف ناحیه مورد مطالعه نسبت به سایر ذرات و رسوبات) به وجود آمده است. به طور کلی از آنجا که رسوب‌گذاری در

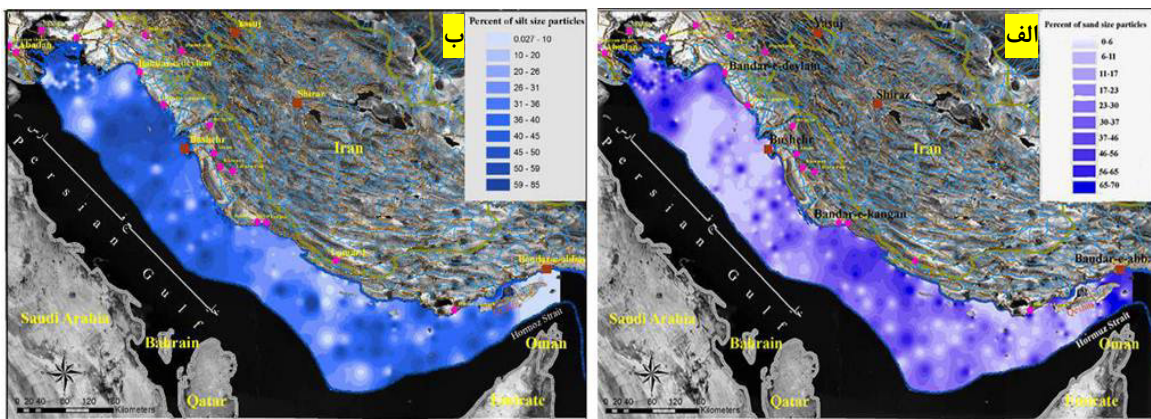
¹¹ Semi-quantitative

۷ ه) مشاهده می‌شود. هم‌چنین اسکلت باقی‌مانده ماهیان (شکل‌های ۱۰ ه و ۱۰ و) به وفور دیده می‌شود. ذرات آواری در مناطق شمالی خلیج فارس عمدتاً شامل بلورهای نیمه‌گردشده تا گردشده کوارتز در ابعاد سیلت تا ماسه‌ریز (شکل‌های ۶ د، ۶ ه، ۱۴ ب، ۹ الف، ۹ ج، ۹ ح و ۱۰ و)، قطعات کربنات تخریبی (شکل‌های ۶ د، ۶ و، ۷ الف، ۷ ب، ۷ ج، ۹ الف، ۹ د، ۹ ه و ۹ ز)، فلدسپار (شکل‌های ۹ ح و ۱۰ و) خردسنگ‌های نیمه‌گردشده عمدتاً در اندازه ماسه (شکل‌های ۱۰ ه و ۱۰ و)، بلورهای میکا و احتمالاً کانی‌های رسی (شکل‌های ۷ د و ۸ ب) هستند.

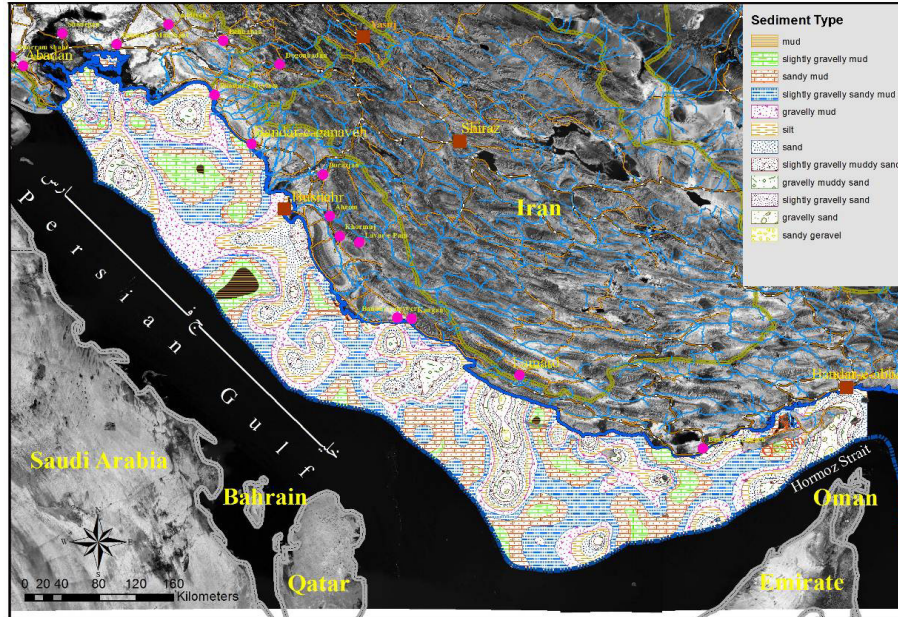
محدوده مورد مطالعه حاصل برهم‌کنش فرآیندهای حمل و نقل مواد و رسوب‌گذاری ذرات خارج از حوضه و درون حوضه است، اجزاء در دو دسته آواری و آلی-زیستی تقسیم شده‌اند. عموماً اجزای آلی-زیستی بستر بخش شمالی خلیج فارس غنی از موجودات کفزی دریائی است که ذرات در اندازه ماسه و گراول را تشکیل می‌دهند. در محدوده مورد مطالعه اغلب پوسته‌های دوکفه‌ای (شکل‌های ۶ ج، ۱۰ ج)، فرامینیفرهای بنتیک (شکل‌های ۶ ب، ۷ ه، ۹ ح و ۱۰ ج) و پلانکتونیک (شکل‌های ۷ ه و ۱۰ ج)، گاستروپودا، اکینودرم (شکل‌های ۱۰ ه و ۱۰ و)، استراکودا (شکل‌های ۶ الف و ۱۰ ج)، بریوزوا و مرجان (شکل‌های ۶ الف و ۱۰ ج)،



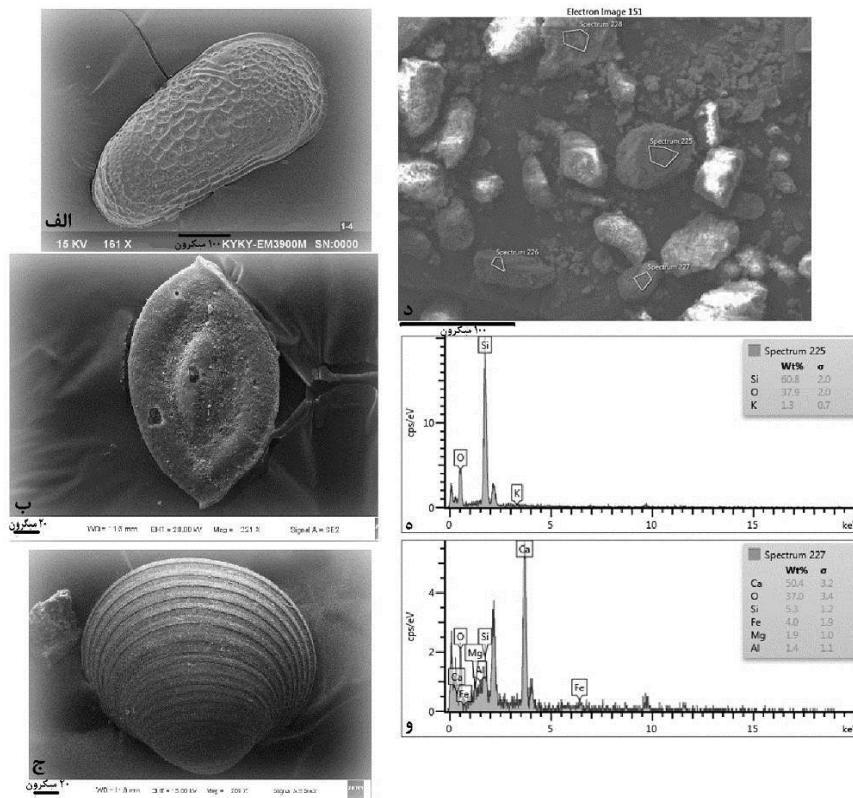
شکل ۳. موقعیت نمونه‌های برداشت‌شده از بخش شمالی بستر خلیج فارس و رودخانه‌های ورودی به آن بر روی سه‌ضلعی (G-S-M). عمده اجزای تشکیل‌دهنده در ضلع ماسه-گل (با فراوانی گل) قرار گرفته‌اند. نمونه‌های رودخانه‌ای با دایره‌های توپر نمایش داده شده است.



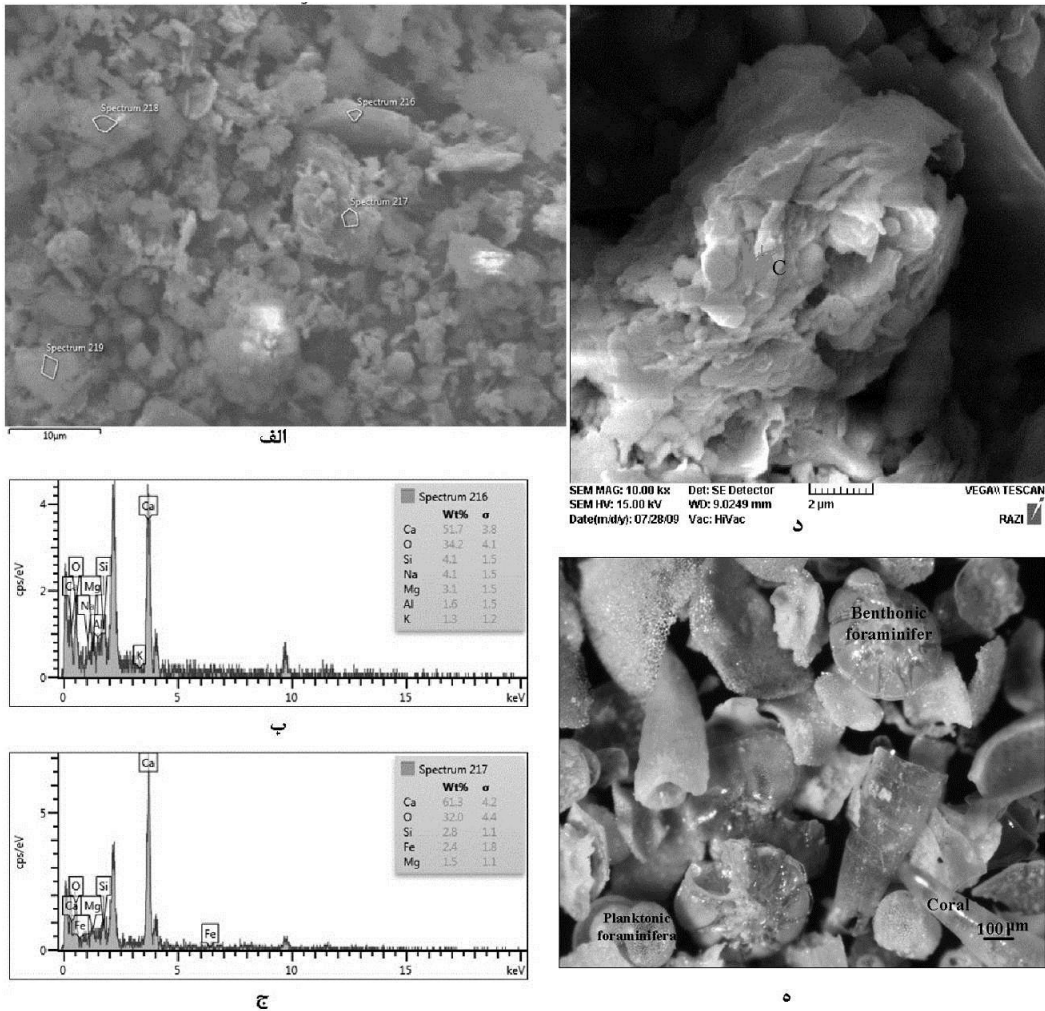
شکل ۴. الف- پراکندگی ذرات در اندازه ماسه در بخش شمالی خلیج فارس. این ذرات در نزدیکی خط ساحلی، بخش‌های کم‌ژرف دریایی و در بخش‌های شمال باختری خلیج فارس دارای فراوانی بیش‌تری نسبت به مناطق ژرف دریایی هستند. ب- پراکندگی ذرات در اندازه سیلت در بخش شمالی خلیج فارس. این ذرات در تمام پهنه خلیج فارس (نزدیکی خط ساحلی، بخش‌های کم‌ژرف و ژرف دریایی و در بخش‌های شمال باختری خلیج فارس) پراکنده هستند. در تنگه هرمز احتمالاً به دلیل نقش جریان ورودی از دریای عمان به خلیج فارس، ذرات در اندازه ماسه فراوان‌تر هستند.



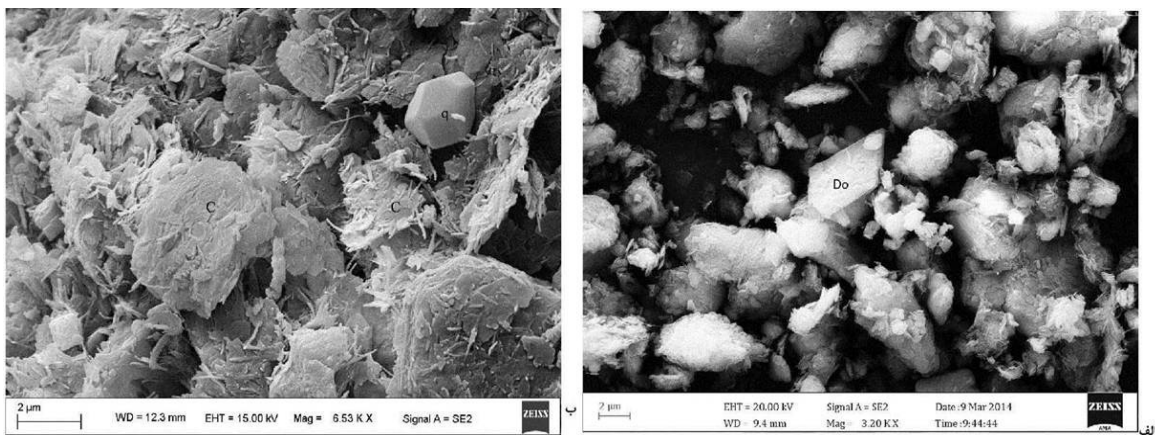
شکل ۵. توزیع رسوبات در بخش شمالی خلیج فارس. گل با کمی گراول، گل‌ماسه‌ای، گل‌گراولی و گل‌ماسه‌ای با کمی گراول بیش‌ترین انواع رسوبات را شامل می‌شوند.



شکل ۶. تصاویر میکروسکوپ الکترونی و آنالیز نقطه‌ای از اجزای سازنده بستر خلیج فارس در بخش شمالی آن. الف- استراکودا در ژرفای ۵۲ متری آب از بخش میانی خلیج فارس (نمونه T-11-2). ب- فرامینیفر کفزی (میلیولیده) در ژرفای ۱۸ متری از بخش خاوری خلیج فارس (نمونه T-2-1). ج- پوسته دوکفه‌ای در ژرفای ۱۶ متری از بخش خاوری منطقه مورد مطالعه (نمونه T-4-1). د- قطعه کربناته تخریبی (نمونه ۲۲۷) و ذره کوارتز (نمونه ۲۲۵) در بخش میانی خلیج فارس در ژرفای ۳۲ متری (نمونه T-10-2). ه- آنالیز نقطه‌ای نشان‌دهنده کوارتز با ترکیب شیمیایی غالب سیلیسیم و اکسیژن است. - ترکیب شیمیایی نمونه ۲۲۷ (مقدار بالای کلسیم) نشان‌دهنده قطعه کربناته است. موقعیت نمونه‌ها در شکل ۱ آورده شده است.



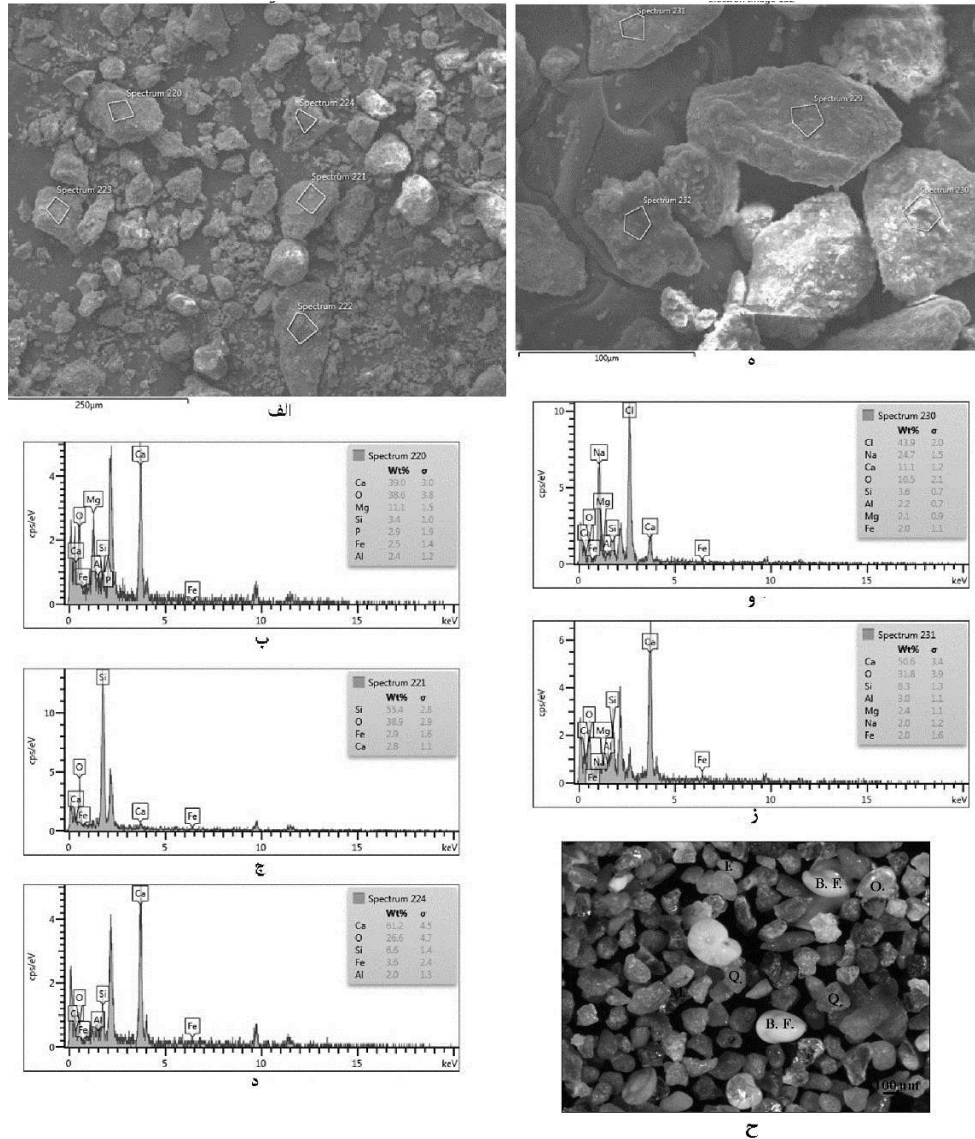
شکل ۷. الف- تصاویر میکروسکوپ الکترونی و آنالیز نقطه‌ای از ناحیه میانی بخش شمالی خلیج فارس در ژرفای ۳۰ متری (نمونه T-10-2). ب و ج- قطعات کربناته تخریبی (نمونه‌های ۲۱۶ و ۲۱۷). ترکیب شیمیایی، مقدار بالای کلسیم و اکسیژن را نشان می‌دهد. د- کانی رسی (C) توده‌ای از ناحیه باختری بخش شمالی خلیج فارس در ژرفای ۳۰ متری (نمونه T-13-2). ه- فرامینیفر کفزی، پلانکتونیک و پوسته مرجان از ناحیه خاوری منطقه مورد مطالعه در ژرفای ۷۳ متری (نمونه T-3-3). موقعیت نمونه‌ها در شکل ۱ آورده شده است.



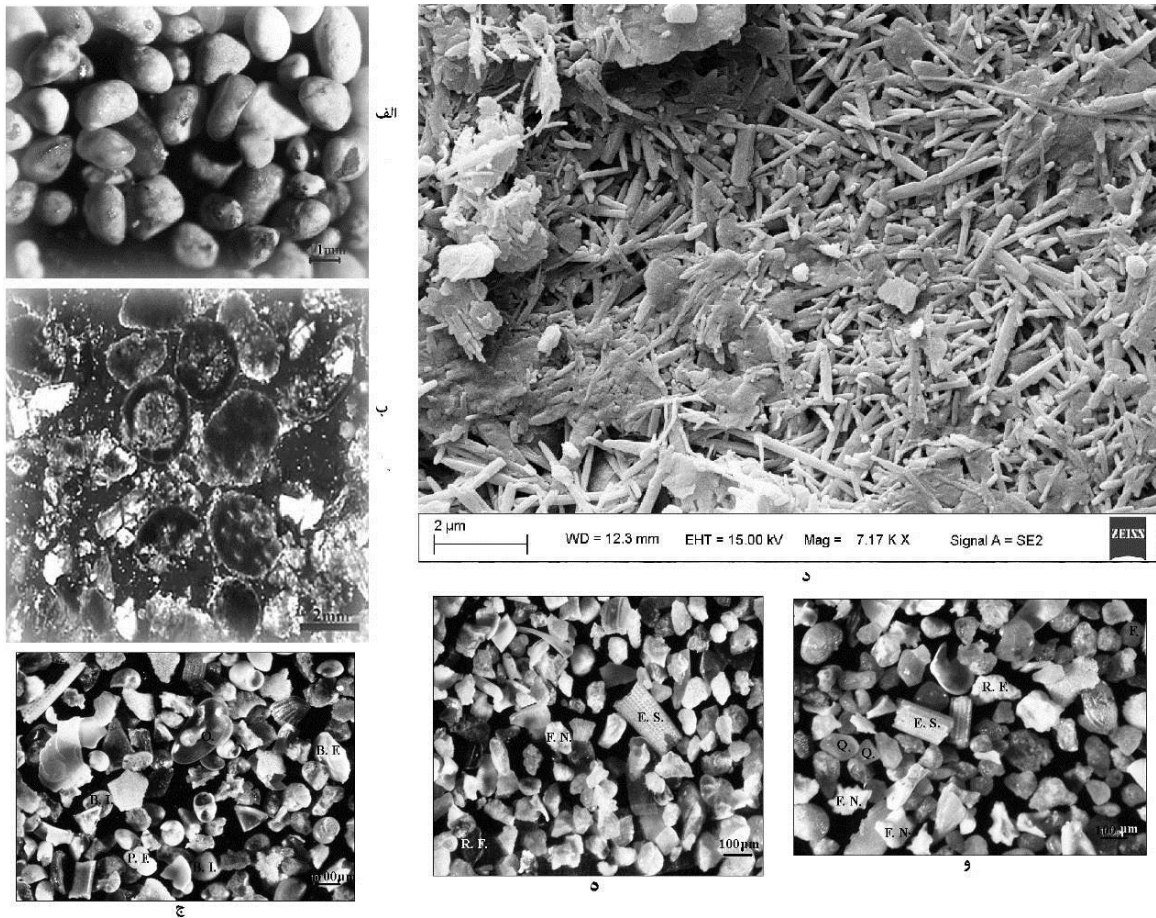
شکل ۸. الف- بلور لوزی شکل دولومیت (Do) در رسوب دهانه رودخانه زهره در شمال باختری خلیج فارس در ژرفای ۱۱ متری آب (نمونه T-3-1). ب- تصویر میکروسکوپ الکترونی از صفحات کانی رسی (C) و ذره کوارتز (q) از ناحیه خاوری بخش شمالی خلیج فارس در ژرفای ۱۱ متری (نمونه T-3-1). موقعیت نمونه‌ها در شکل ۱ آورده شده است.

میانی خلیج فارس ذرات غیراسکلتی ائید مشاهده می‌شود (شکل‌های ۱۰ الف، ۱۰ ب و ۱۰ د). هم‌چنین این ذرات در بخش‌هایی از خلیج فارس تا نواحی ژرف‌تر در اثر جابجایی مجدد در رسوبات دیده می‌شوند. لازم به ذکر است که در خورهای مطالعه شده در محدوده خلیج فارس قطعات گیاهان نیز مشاهده شده است.

به‌استثنای کانی‌های رسی (در اندازه رس) و خرده‌سنگ‌ها (در اندازه گراول-ماسه)، سایر ذرات آواری در اندازه ماسه تا رس می‌باشند. قطعات ژپیس، هالیت (شکل‌های ۹ ه و ۹ و) و دولومیت (شکل‌های ۸ الف، ۹ الف و ب) نیز در بخش‌هایی از ناحیه مورد مطالعه مشاهده شده است. هم‌چنین در بخش‌های ساحلی نواحی شمال خاوری و



شکل ۹. الف- تصاویر میکروسکوپ الکترونی و آنالیز نقطه‌ای از رسوبات بستر خلیج فارس در ناحیه دریایی مجاور اروندرود در ژرفای ۱۱ متری (نمونه ch-2). ب- کانی دولومیت (نمونه ۲۲۰). ترکیب شیمیایی، مقدار بالای کلسیم، اکسیژن و منیزیم را نشان می‌دهد ج- ذره کوارتز (نمونه ۲۲۱). آنالیز نقطه‌ای نشان‌دهنده ترکیب شیمیایی غالب سیلیسیم و اکسیژن است. د- قطعه کربناته تخریبی (نمونه ۲۲۴). ترکیب شیمیایی، مقدار بالای کلسیم را نشان می‌دهد. ه- تصاویر میکروسکوپ الکترونی و آنالیز نقطه‌ای از رسوبات بستر خلیج فارس در بخش باختری خور موسی در ژرفای ۷ متری (نمونه ch-32). و- قطعه هالیت (نمونه ۲۳۰). ترکیب شیمیایی، مقدار بالای سدیم و کلر را نشان می‌دهد. ز- قطعه کربناته تخریبی (نمونه ۲۳۱). ترکیب شیمیایی، مقدار بالای کلسیم و اکسیژن را نشان می‌دهد. ح- ذرات کوارتز (Q)، فلدسپار (F)، پوسته‌های فرامینیفر کفزی (B.F.) و استراکودا (O.) در بخش میانی منطقه مورد مطالعه در ژرفای ۳۹ متری (نمونه T-9-2). موقعیت نمونه در شکل ۱ آورده شده است.

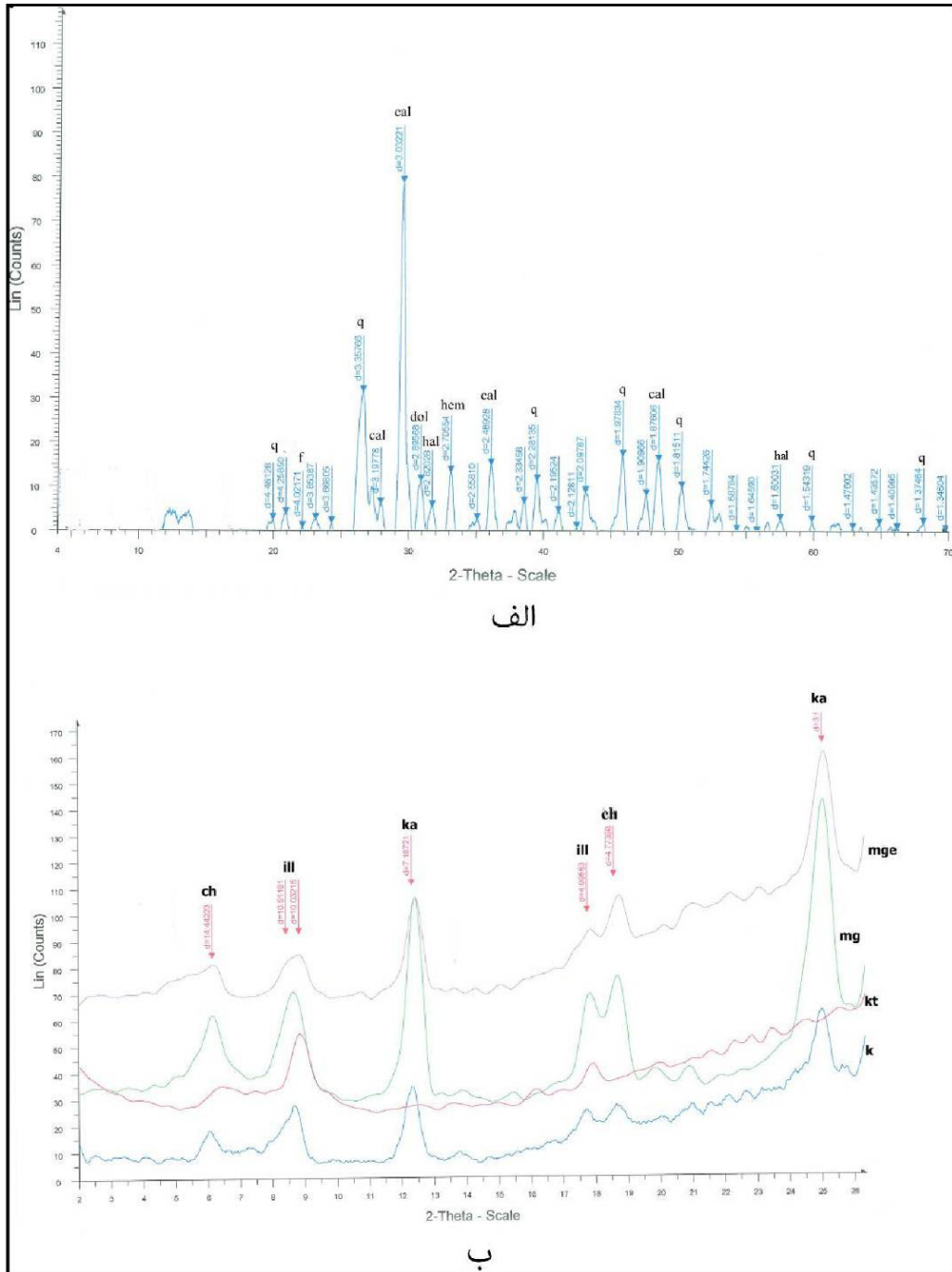


شکل ۱. الف- ذرات غیر اسکلتی کربنات کلسیم (ایبید) در رسوبات گل‌ماسه‌ای ساحلی بخش میانی قسمت شمالی خلیج فارس در ژرفای ۱۰ متری (نمونه T-8-1). ب- برش میکروسکوپی از همان ایبیدها. ج- پوسته استراکودا (O)، دوکفه‌ای (B. I.)، فرامینیفرهای کفزی (B. F.) و پلانکتونیک (P. F.) در رسوبات بخش میانی منطقه مورد مطالعه (نمونه T-8-3) در ژرفای ۶۰ متری. د- سوزن‌های کربنات کلسیم (آراگونیتی) تشکیل‌دهنده پوسته ایبید در اندازه ۱ تا ۳ میکرون (عمدتاً ساب‌هدرال تا آن‌هدرال) با آرایش نامنظم در رسوبات شکل‌های الف و ب. ه- اسکلت باقی‌مانده ماهیان (F. N.)، خرده‌سنگ (R. F.) و ستون فقرات اکتینودرم (E. S.) در رسوبات بخش باختری ناحیه مورد مطالعه در ژرفای ۳۱ متری (نمونه T-15-3). و- خرده‌سنگ (R. F.)، ستون فقرات اکتینودرم (E.S.)، اسکلت باقی‌مانده ماهیان (F. N.)، ذرات کوارتز (Q.) و فلدسپار (F.) در رسوبات بخش خاوری بخش شمالی خلیج فارس در ژرفای ۸۴ متری (نمونه T-1-3). موقعیت نمونه‌ها در شکل ۱ آورده شده است.

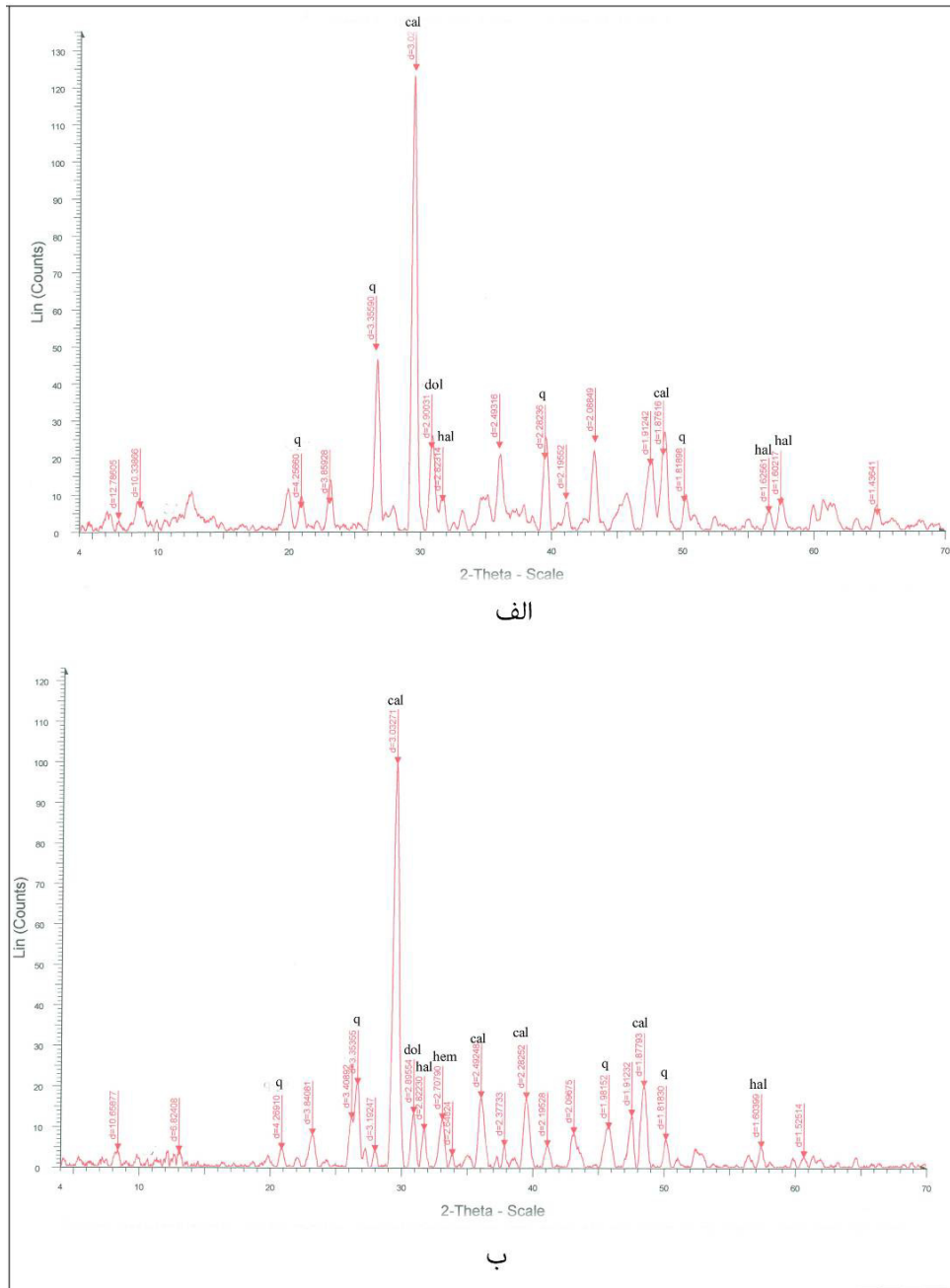
رسی در پهنه دریایی مورد مطالعه می‌باشد. هم‌چنین، مشاهدات مورفوسکوپی نیز این مطلب را تایید می‌کند (شکل‌های ۷، ۹، ح و ۱۰). با توجه به نتایج کانی‌شناسی می‌توان پهنه شمالی خلیج فارس را یک حوضه رسوبی نسبتاً غنی از کانی کلسیت (اجزای کربناته) و فقیر از کانی کوارتز دانست. البته لازم به ذکر است که نتایج کانی‌شناسی رسوبات رودخانه‌ای نیز نشان‌دهنده فراوان بودن کانی‌های کلسیت و کوارتز نسبت به سایر اجزای رسوبی می‌باشد (شکل‌های ۱۳ الف و ب).

۳- کانی‌شناسی رسوبات دریایی و رودخانه‌ای بر اساس آنالیز پراش اشعه ایکس

به طور کلی نتایج پراش اشعه ایکس نشان‌دهنده وجود کانی‌های رسی (کلریت، کائولینیت، اسمکتیت، پالی‌گورسکیت، ایلیت)، کانی‌های کوارتز، فلدسپار، کلسیت، دولومیت (فقط در مناطق دریایی)، هماتیت، میکا، هالیت و ژپس در مناطق مورد مطالعه می‌باشد (شکل‌های ۱۱ تا ۱۳). این نتایج نشان‌گر فراوان‌تر بودن اجزای کربناته (کلسیت) نسبت به اجزای آواری (کوارتز، فلدسپار و میکا) به استثنای کانی‌های



شکل ۱۱. دیاگرام سنجش پراش اشعه ایکس در بخش میانی ناحیه شمالی خلیج فارس (نمونه T-7-3). الف) کانی‌های کوارتز (q)، کلسیت (cal)، دولومیت (dol)، فلدسپار (f)، هماتیت (hem) و هالیت (hal). ب) کانی‌های کلریت (ch)، ایلیت (ill) و کائولینیت (ka) در $d=7/18$ و $3/57$ مشخص شده است. با حذف پیک $7/18$ در نمودار kt، امکان وجود کانی کلریت در این پیک حذف شده است. موقعیت نمونه در شکل ۱ آورده شده است. لازم به ذکر است که در دیاگرام سنجش کانی‌های رسی به ترتیب (mge)، (mg)، (kt) و (k) نشان‌دهنده تیمار با مخلوط اتیلن گلیکول و کلرید منیزیم، با کلرید منیزیم، با مخلوط کلرید پتاسیم و تابش حرارت تا 550°C درجه سانتی‌گراد و با کلرید پتاسیم می‌باشد.



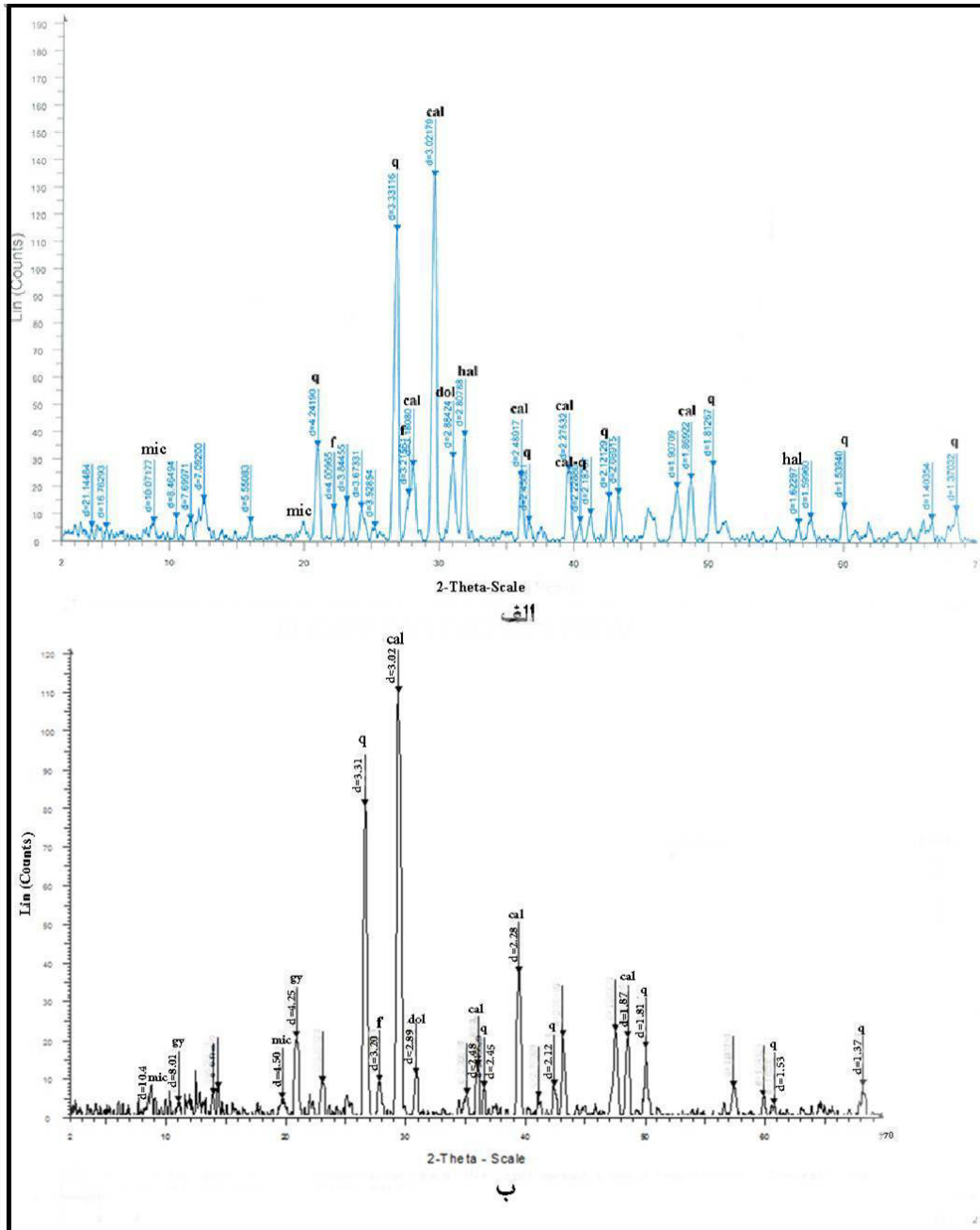
شکل ۱۲. دیگرام سنجش پراش اشعه ایکس در ژرفاهای ۱۷ متری بخش میانی خورموسی (ch-35) و ۸ متری بخش خاوری خورموسی (ch-52) (منتهی‌الیه شمال باختری خلیج فارس). الف) کانی‌های ، کلسیت (cal)، دولومیت (dol)، هالیت (hal) و کوارتز (q). ب) کانی‌های کلسیت (cal)، کوارتز (q)، دولومیت (dol)، هالیت (hal) و هماتیت (hem). موقعیت نمونه‌ها در شکل ۱ آورده شده است.

(پروتی و همکاران، ۲۰۱۶). این حوضه دارای مقادیر زیادی از رسوب (بیش از ۱۵ کیلومتر ژرفا نزدیک ناحیه پیش‌گودال^۲ زاگرس) نهشته شده از پروتروزوئیک پسین تا هولوسن در حاشیه شمال خاوری صفحه عربی است (شارلند و همکاران، ۲۰۰۱؛ بربری و همکاران، ۲۰۱۱).

بحث
خلیج فارس در امتداد شمال خاوری حاشیه برخوردی صفحه عربی واقع شده است و بیان‌گر سیستم حوضه‌ای پیش‌بوم^۱ کمربند چین‌خوردگی-راندگی زاگرس است

² Foredeep

¹ Foreland



شکل ۱۳. الف) دیاگرام سنجش پراش اشعه ایکس از بخش پایین‌دستی رودخانه میناب (نمونه M-1). کانی‌های کوارتز (q)، دولومیت (dol)، کلسیت (cal)، هالیت (hal)، میکا (mic) و فلدسپار (f). ب) دیاگرام سنجش پراش اشعه ایکس از رسوب رودخانه کارون (نمونه ka-2). کانی‌های کوارتز (q)، دولومیت (dol)، کلسیت (cal)، ژپس (gy)، میکا (mic) و فلدسپار (f). موقعیت نمونه‌ها در شکل ۱ ذکر شده است.

باختری خلیج فارس (اروند، بهمنشیر و زهره) بر اساس طول رودخانه و مساحت حوضه آبریزشان (با احتساب سر شاخه‌های منشاشان) نقش مهم‌تری را از سایر رودخانه‌های ورودی به خلیج فارس در تامین و انتقال رسوبات آواری دارند. رسوبات حوضه پیش‌بوم بین‌النهرین تقریباً از فرسایش کوه‌های زاگرس- آناتولی در طی

حوضه پیش‌بوم بین‌النهرین، وادی الباتین^۱ (در کشور عراق) و رودخانه‌های ورودی به بخش شمالی خلیج فارس (رودخانه‌های اروند، بهمنشیر، زهره، میناب، کل، مند و حله) از جمله منشاهای مهم غیر ایرانی برای تامین رسوبات آواری آن بشمار می‌آید. رودخانه‌های منتهی‌الیه

¹ Mesopotamian foreland basin and Wadi al-Batin

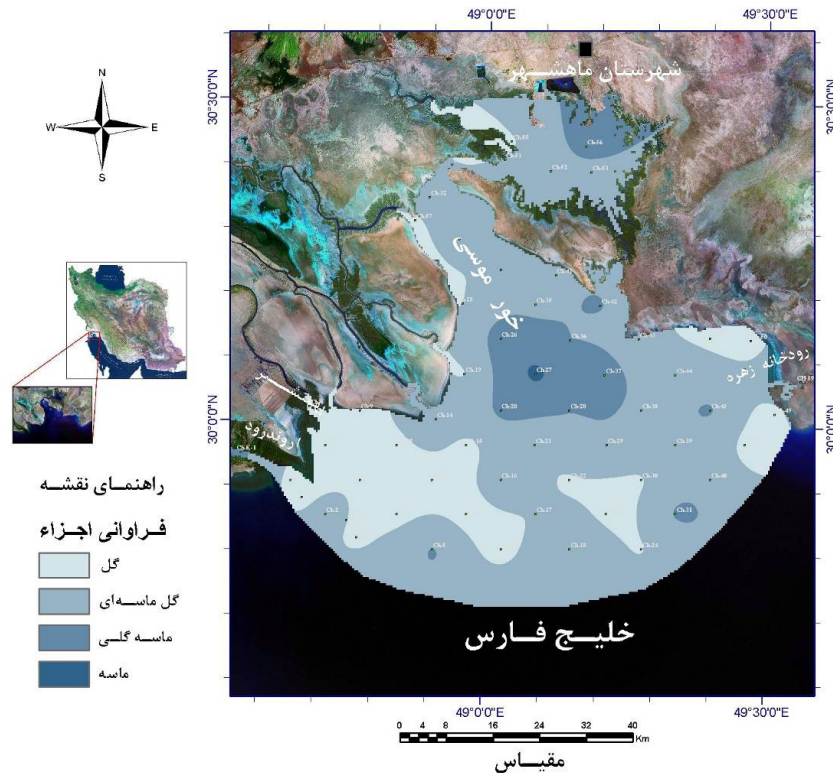
مشاهدات مورفوسکوپی صورت‌گرفته، این بسترهای ماسه‌ای عمدتاً از پوسته موجودات کفزی تشکیل شده‌اند (شکل ۱۵). به نظر می‌رسد که به دلیل ژرفای کم این مناطق (حدود ۰/۵ تا ۲ متر) نسبت به نواحی مجاورشان (در برخی نقاط ژرفا به ۵۰ متر می‌رسد) و تاثیر امواج سطحی ناشی از وزش باد و جریان‌های جزر و مدی سبب شسته‌شدن ذرات ریزدانه و تجمع ذرات دانه‌درشت‌تر در این مناطق می‌شود. علاوه بر اندازه ذرات، ترکیب ذرات منتقل‌شده توسط رودخانه‌ها نیز به ناحیه باختری مورد مطالعه تا حدی با یکدیگر متفاوت هستند. به عنوان مثال رودخانه اروند (از اتصال رودخانه‌های دجله و فرات تشکیل شده و پس از عبور از کوه‌های آناطولی - زاگرس و کشورهای ترکیه، سوریه و عراق به ایران و منتهی‌الیه باختری خلیج فارس وارد می‌شود) در مسیر خود تا پیش از مناطق مرکزی عراق حدود ۹۰ درصد بار رسوبی خود را ته‌نشین می‌کند و حدود ۱۰ درصد از رسوبات آن وارد خلیج فارس می‌شود (بکری وال - سید، ۱۹۹۱؛ گاززانتی و همکاران، ۲۰۱۶). این رسوبات دانه‌ریز گلی به صورت بار معلق در دهانه رودخانه و مناطق مجاور آن پراکنده می‌شوند (شکل ۱۴). از آنجایی که رسوبات منعکس‌کننده لیتولوژی نواحی منشا هستند، انتظار می‌رود رسوبات حمل‌شده توسط اروندرود به خلیج فارس مشابه رودخانه‌های دجله و فرات (منشا مهم اروندرود) غنی از خرده‌سنگ‌های رسوبی، آتشفشانی، کانی‌های کلسیت، دولومیت، اپیدوت، کلینوپیروکسن، کوارتز و آمفیبول (منشا گرفته از کوه‌های زاگرس - آناطولی) و کانی‌های رسی باشد (گاززانتی و همکاران، ۲۰۱۶). اما نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌دهنده وجود کانی‌های کلسیت، دولومیت، کوارتز، فلدسپار و کانی‌های رسی (اسمکتیت، ایلیت، کلریت، کائولینیت و پالی‌گورسکیت) در رسوبات رودخانه اروند می‌باشد (شکل ۱۶).

علت این تفاوت در محتوای کانی‌شناسی احتمالاً ۱- به کاهش بار رسوبی و به تبع آن کاهش کانی‌های حمل‌شده رودخانه‌های دجله و فرات در بخش‌های مرکزی عراق و ۲- اضافه شدن شاخه‌ای از رودخانه کارون به اروندرود می‌باشد. از سوی دیگر، رودخانه زهره که از کوه‌های زاگرس (زهکش‌کننده سازندهایی نظیر میشان، آغاچاری و بختیاری) سرچشمه می‌گیرد، پس از طی مسافت کوتاه‌تری نسبت به اروندرود وارد خلیج فارس می‌شود. با

برخورد صفحه‌های اوراسیا و عربی منشا می‌گیرند (علوی، ۲۰۰۴؛ اکای، ۲۰۰۸) با توجه به نقش جریان‌های دریایی، جزر و مدی (خصوصاً در بخش باختری آن به دلیل کم‌ژرفا تر شدن آب)، رودخانه‌ای و باد و توفان (الدوساری و همکاران، ۲۰۱۷؛ احمدی‌بیرگانی و همکاران، ۲۰۱۸) در انتقال اجزای رسوبی و کانی‌ها، الگو و نظم خاصی در پراکنش کانی‌ها در پهنه شمالی خلیج فارس (ناحیه مورد مطالعه در این پژوهش) مشاهده نشده است (کانی‌های گوناگون تقریباً در بخش‌های مختلف کم‌ژرفا و ژرف ناحیه مورد مطالعه پراکنده شده‌اند). هم‌چنین، بنا بر مطالعات صورت گرفته در این پژوهش، پراکندگی اندازه ذرات نیز بسیار گسترده است (ذرات در اندازه گراول - رس؛ شکل‌های ۳ تا ۵). از عواملی که سبب دامنه وسیع اندازه ذرات شده است، می‌توان به اجزای حمل‌شده رودخانه‌ای (نظیر رودخانه‌های اروند و زهره)، تشکیل ذرات درون حوضه‌ای به روش زیستی، رسوبات معلق موجود در حوضه و رسوبات بادی اشاره کرد. اگر چه پراکنش انواع رسوبات به علت بالا بودن نرخ جزر و مد (۱ تا ۶ متر) (هاپنر، ۱۹۹۹؛ هیوارت و بیتمن، ۲۰۰۷) در مناطق مورد مطالعه و تغییرات ژرفای آب (کاهش ژرفای آب از خاور خلیج فارس تا باختر آن) به شدت دست‌خوش تغییرات بعدی می‌شود، ولی نتایج نشان‌دهنده آن است که رسوبات گلی (رسوبات در اندازه سیلت و رس) در ناحیه مورد مطالعه دارای فراوانی بیش‌تری نسبت به سایر ذرات رسوبی هستند (شکل‌های ۳، ۴ ب و ۵). برای توضیح دقیق‌تر این موضوع و بررسی نقش رودخانه‌ها در تامین و انتقال رسوبات به حوضه خلیج فارس، نحوه پراکنش رسوبات در اندازه‌های گوناگون در خورموسی و نواحی دریایی مجاورش (منتهی‌الیه باختری ناحیه مورد مطالعه) ارائه شده است (شکل ۱۴). نتایج نشان‌دهنده آن است که رسوبات گلی (رسوبات در اندازه سیلت و رس؛ عمدتاً در دهانه رودخانه‌های اروند و بهمن‌شیر) و گل ماسه‌ای (در سایر نقاط محدوده مورد مطالعه) حضور دارند. ذرات در اندازه ماسه در این بخش نظیر سایر بخش‌های پهنه شمالی خلیج فارس فراوانی کم‌تر و در نتیجه پراکندگی به نسبت محدودتری نسبت به ذرات در اندازه سیلت و رس دارند. ذرات در اندازه ماسه در برخی از مناطق میانی و شمالی که شامل مناطق با ژرفای کم آب هستند، یافت می‌شوند (شکل ۱۴). با توجه به

ماسه‌ای در پهنه دریایی مجاور این رودخانه گزارش شده است. با توجه به مقایسه مشاهدات مورفوسکوپی صورت گرفته در رسوبات این رودخانه و رسوبات پهنه دریایی مجاور آن (شکل ۱۷)، نقش این رودخانه در انتقال ذرات به این بخش از خلیج فارس انکارناپذیر است.

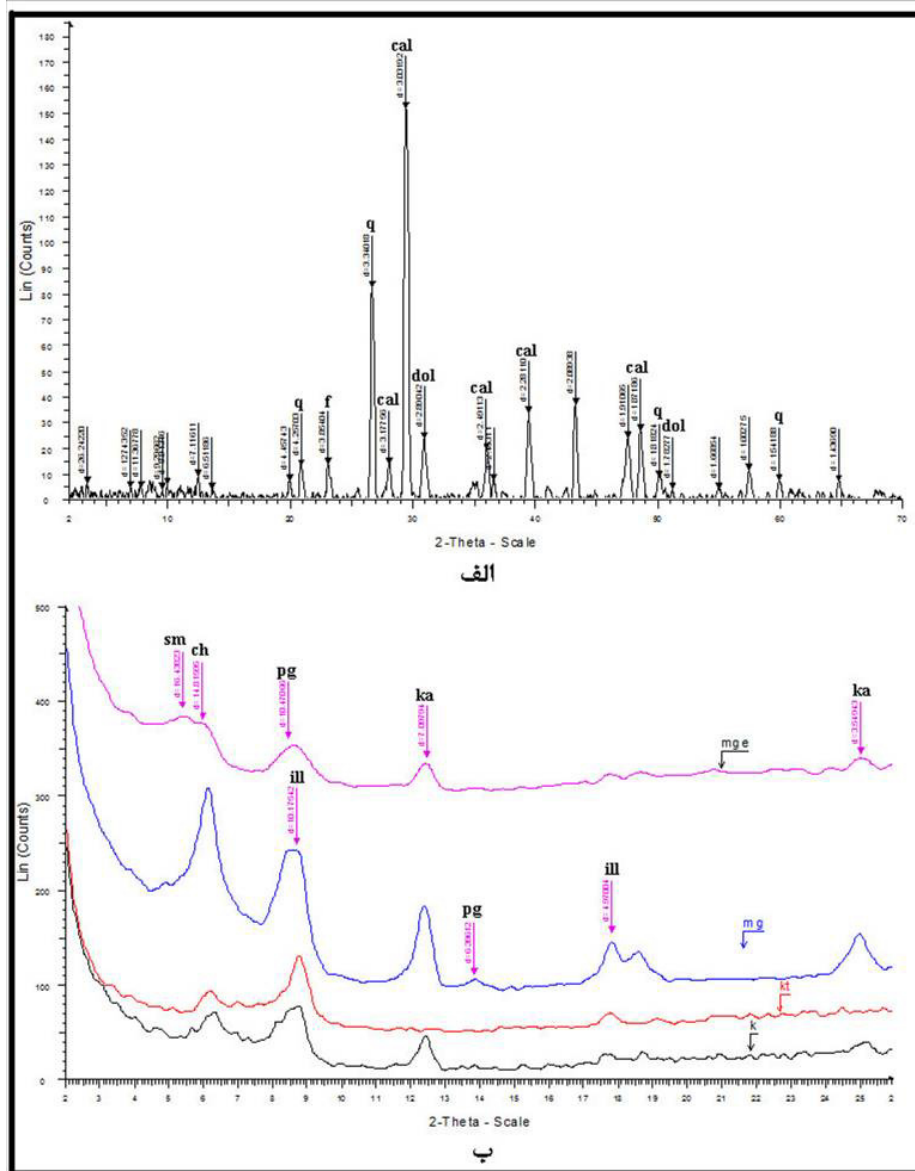
توجه به مسافت کم‌تر طی‌شده توسط این رودخانه تا خلیج فارس نسبت به اروندرود، ذرات دانه‌درشت‌تری (گل ماسه‌ای) در دهانه رودخانه و مناطق دریایی مجاور این رودخانه نسبت به مناطق دریایی مجاور اروندرود (رسوبات گلی) نهشته می‌شوند (شکل ۱۴). در پژوهش غریب‌رضا و همکاران (۲۰۱۴) نیز رسوبات سیلتی، گلی و سیلت



شکل ۱۴. الگوی پراکندگی رسوبات تشکیل‌دهنده بستر در خورموسی و نواحی دریایی مجاور آن (منتهی‌الیه باختری خلیج فارس). رسوبات گل، گل‌ماسه‌ای، ماسه‌گلی و ماسه مشاهده شده است. به دلیل نقش اروندرود در انتقال ذرات دانه‌ریز (بار معلق) به خلیج فارس، رسوبات گلی در مجاورت این رودخانه در خلیج فارس فراوان می‌باشند.



شکل ۱۵. قطعات اسکلتی (زیستی) در رسوبات ماسه‌ای (نمونه ch-27) در بخش باختری خلیج فارس (ژرفای آب حدود ۱ متر). پوسته موجودات کفزی (فرامینیفر، دوکفه‌ای (Bivalve) و گاستروپودا) در این رسوبات مشاهده شده است.



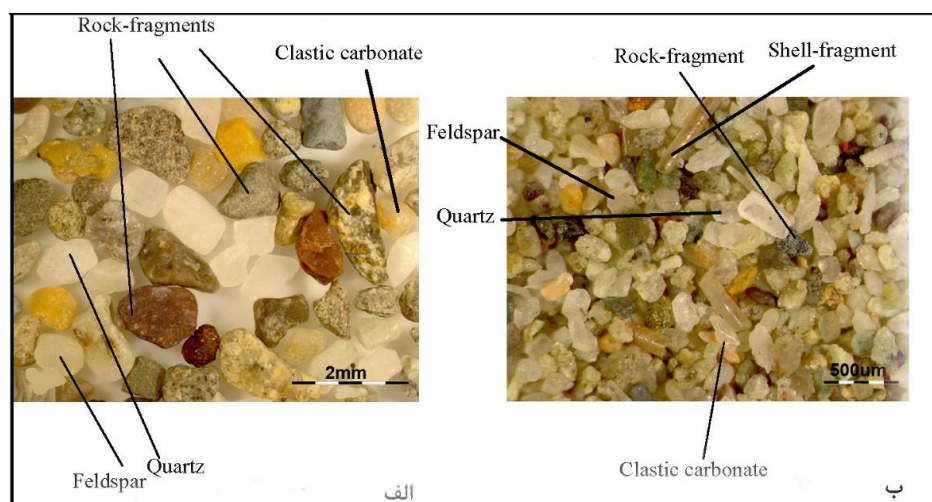
شکل ۱۶. دیاگرام سنجش پراش اشعه ایکس از رسوبات رودخانه اروند (نمونه Arvand). الف) کانی‌های کوارتز (q)، دولومیت (dol)، کلسیت (cal) و فلدسپار (f). ب) کانی‌های کلریت (ch)، ایلیت (ill)، اسمکتیت (sm)، کائولینیت (ka) و پالی‌گورسکیت (pg) (در $d=10/4$ تا $d=10/5$ در نمودار mge و $d=6/3$ تا $d=6/4$ در نمودار mg مشخص شده است). لازم به ذکر است که در دیاگرام سنجش کانی‌های رسی به ترتیب (mge)، (mg)، (k) و (kt) نشان‌دهنده تیمار با مخلوط اتیلن گلیکول و کلرید منیزیم، با کلرید منیزیم، با مخلوط کلرید پتاسیم و تابش حرارت تا 550°C درجه سانتی‌گراد و با کلرید پتاسیم می‌باشد. موقعیت نمونه در شکل ۱ آورده شده است.

رشته‌کوه زاگرس در مناطق بالادستی خلیج فارس) قطع شده توسط این رودخانه‌ها (نظیر رودخانه کل که از واحدهای نمکی میوسن عبور می‌کند) می‌باشد. البته با توجه به قابلیت انحلال نسبتاً زیاد کانی‌های این رسوبات رودخانه‌ای ذکر شده نیاز به بررسی بیشتری دارد. با توجه به توضیحات فوق‌الذکر و وجود کانی‌های تبخیری (ژپس و هالیت) (نظیر نمونه‌های T-

لازم به ذکر است که تعدادی از کانی‌ها فقط در برخی از رسوبات رودخانه‌ای یافت شده است (جدول ۱). کانی ژپس در رسوبات رودخانه کارون و کانی هالیت در رسوبات رودخانه‌های کارون، کل و میناب (آب رودخانه‌ها بر اساس مشاهدات میدانی دارای طعم لب‌شور هستند) مشاهده شده‌اند. منشا این کانی‌ها احتمالاً از پهنه‌های سبخایی و واحدهای نمکی (گنبد‌های نمکی پراکنده در

ظرفیت محدود انتقال رودخانه‌ای، علی‌رغم سیستم‌های عمده رودخانه‌ای طولی و رودخانه‌های عرضی زه‌کش‌کننده کوه‌های زاگرس در جنوب ایران، در حال حاضر خلیج فارس عمدتاً توسط اجزای کربناته پر شده است. فراوان‌تر بودن اجزای کربناته نسبت به ذرات آواری در بخش شمالی حوضه رسوبی خلیج فارس توسط نتایج حاصل از این پژوهش به اثبات رسیده است (شکل‌های ۶، ۷ و ۱۰). همچنین در این پژوهش، با توجه به داده‌های بدست‌آمده، شناخت سهم کمی رودخانه‌های ورودی به بخش شمالی خلیج فارس در تامین رسوبات آواری این ناحیه میسر نمی‌باشد.

5-1 (موقعیت نمونه در شکل ۱ آورده شده است؛ ژرفای ۱۷ متری آب، T-6-1، T-7-2 و T-7-4 (ژرفای ۸۰ متری آب)) و فلزی (هماتیت) (نظیر نمونه‌های T-10-3 (ژرفای ۷۰ متری آب)، T-15-4 (ژرفای ۴۹ متری آب)، T-6-2 و T-5-1) در بخش‌های گوناگون پهنه شمالی خلیج فارس (مناطق کم‌ژرفا و ژرف) بایستی منشاهای دیگری علاوه بر رودخانه‌ها را برای این کانی‌ها در نظر گرفت. باد و توفان (کانی ژپیس؛ الدوساری و همکاران، ۲۰۱۷) و گنبد‌های نمکی موجود در پلت‌فرم خلیج فارس (کانی‌های تبخیری و فلزی؛ کاروبا و همکاران، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷؛ پروتانس و همکاران، ۲۰۰۹؛ بربری و همکاران، ۲۰۱۱؛ پروتی و همکاران، ۲۰۱۶) از منشاهای دیگر این کانی‌ها هستند. لازم به ذکر است که به سبب اقلیم خشک و در نتیجه آن



شکل ۱۷. الف) اجزای رسوبی مشاهده شده در رسوبات رودخانه زهره در رده بزرگ‌تر از ۲۰۰ میکرون (نمونه Arvand). ب) اجزای مشاهده‌شده در نمونه گل ماسه‌ای (در رده بزرگ‌تر از ۱۲۵ میکرون) در نواحی دریایی مجاور رودخانه زهره (نمونه Ch-44). به مشابَهت اجزای رسوبی (خرده‌سنگ‌ها، کربنات تخریبی، کوارتز، فلدسپار) رسوبات دریایی و رودخانه‌ای (به استثنای وجود قطعات پوسته در رسوبات دریایی) توجه شود. موقعیت این نمونه‌ها در شکل ۱ و ۱۴ آورده شده است.

جدول ۱. کانی‌های شناسایی‌شده (به استثنای کانی‌های رسی؛ بر اساس نتایج حاصل از آنالیز پراش اشعه ایکس) رودخانه‌های ورودی به بخش شمالی خلیج فارس. نتایج ارائه‌شده از رودخانه‌های دجله و فرات از گازرانتی و همکاران (۲۰۱۶) ارائه شده است. * کانی‌ها فقط در رسوبات رودخانه‌های کل، میناب و کارون مشاهده شده است. وجود کانی‌ها در رودخانه کل، احتمالاً به دلیل عبور این رودخانه از واحدهای نمکی میوسن می‌باشد.

رودخانه‌های ورودی به بخش شمالی خلیج فارس	کرخه	کارون	اروندرو	میناب، کل، مند و حله	زهره و جراحی	دجله	فرات
کانی‌ها	کوارتز، فلدسپار، کلسیت، دولومیت	کوارتز، فلدسپار، کلسیت، دولومیت، میکا، هالیت، ژپیس	کوارتز، فلدسپار، کلسیت، دولومیت	کوارتز، فلدسپار، کلسیت، دولومیت، میکا و هالیت*	کوارتز، فلدسپار، کلسیت، دولومیت	کوارتز، آمفیبول، اپیدوت، کلینوپیروکسن، گارنت، فلدسپار، آمفیبول	کوارتز، اپیدوت، کلینوپیروکسن، آمفیبول، فلدسپار، گارنت

رودخانه‌های ورودی به خلیج فارس و رسوبات بخش‌های کم‌ژرفا و ژرف بخش شمالی خلیج فارس نشان می‌دهد که تفاوت چشم‌گیر و قابل توجهی در محتوی کانی‌های رسی آن‌ها به چشم نمی‌خورد. به نظر می‌رسد با توجه به وجود این کانی‌ها در رودخانه‌های ورودی به خلیج فارس و جوان بودن (مرتبط با عهد حاضر) رسوبات سطحی مطالعه شده در بستر خلیج فارس نمی‌توان درباره منشأ دیاژنتیکی آن‌ها در داخل حوضه رسوبی خلیج فارس صحبتی به میان آورد. اگرچه می‌توان احتمال تاثیر فرایندهای دیاژنتزی بر تشکیل آن‌ها را در خشکی‌های مجاورشان و سپس انتقال آن‌ها از طریق رودخانه‌ها به حوضه رسوبی خلیج فارس را در نظر گرفت. با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته، منشاهای اصلی کانی‌های رسی در نواحی مورد مطالعه ترکیبی از منشاهای آواری (انتقال بادی (الدوساری و همکاران، ۲۰۱۷) و رودخانه‌ای) و نوظهوری می‌باشد. هوازگی و دگرسانی اجزای رسوبی نظیر خرده‌سنگ (شکل ۱۷ الف)، فلدسپار (شکل‌های ۱۳، ۱۶ الف و ۱۷ الف) و میکا (شکل ۱۳) در رسوبات رودخانه‌ای می‌تواند در ایجاد برخی از کانی‌های رسی (نظیر کائولینیت، اسمکتیت، ایلیت و کلریت) در ناحیه مورد مطالعه، نقش ایفا نماید. وجود کانی‌های رسی در بخش‌های ژرف بخش شمالی خلیج فارس (مناطق دور از ساحل) (شکل ۱۸) می‌تواند نشان‌گر توامان تاثیر جریان‌های دریایی در انتقال این کانی‌ها با منشأ رودخانه‌ای (شکل ۱۶ ب) و جریان‌های بادی (الدوساری و همکاران، ۲۰۱۷) در حمل این ذرات ریزدانه باشد. لازم به ذکر است که pH بالاتر از ۷ محیط آبی خلیج فارس (بهبهانی و همکاران، ۱۳۹۲) و وجود ذرات کربناته فراوان در محیط مورد مطالعه (شکل‌های ۶، ۵، ۹ ح، ۱۰، ۱۱ الف و ۱۲)، نشان‌دهنده این واقعیت است که برخی از کانی‌های رسی نظیر کائولینیت در خلیج فارس قابلیت تشکیل به صورت اولیه و درجا را دارا نیست و دارای منشأ آواری هستند. از آنجایی که کانی کائولینیت اصولاً در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب (آب‌شویی شدید) در اثر هوازگی شیمیایی کانی‌های آلومینوسیلیکاته به‌ویژه فلدسپارها و میکاها تشکیل می‌شود (مونیر، ۲۰۰۵)، وجود آن در خلیج فارس با اقلیم خشک (گارزانتی و همکاران، ۲۰۱۶) تا حدی چالش‌برانگیز است. پس یکی دیگر از منشاهای احتمالی فراوانی کائولینیت در منطقه

لازم به ذکر است که علاوه بر منشأ عمدتاً رودخانه‌ای اجزای آواری در ناحیه دریایی مورد مطالعه، بایستی به نوسانات نسبی سطح آب خلیج فارس در طی کواترنری جهت تامین بخشی از اجزای آواری امروزی موجود در رسوبات بستر بخش شمالی خلیج فارس نیز توجه شود. سطح آب نسبی در خلیج فارس در طی کواترنری بیش‌تر تحت تاثیر شرایط پوستاتیک (سطح جهانی آب) و شرایط تکتونیک نسبتاً ثابت کنترل می‌شود (وود و همکاران، ۲۰۱۲). بستر خلیج فارس در طی آخرین فاز یخچالی با پایین‌افتادگی سطح آب بین ۱۱۰ تا ۱۲۵ متر رخنمون یافته است (استیونس و همکاران، ۲۰۱۴). در زمان اوج آخرین یخبندان در ۳۰۰۰۰ سال پیش سطح آب دریا به طور شاخصی پائین افتاده است و در ۱۷۰۰۰ سال پیش به پائین‌ترین حد خود رسیده است (لمبک، ۱۹۹۶). در این زمان با پیشروی رودخانه‌های ورودی به خلیج فارس نظیر حله و اروند به بخش‌های میانی‌تر خلیج فارس نسبت به عهد حاضر و تشکیل دلتاهای این رودخانه‌ها در خلیج فارس، امکان انتقال اجزای آواری به ناحیه مورد مطالعه نیز وجود داشته است. افزایش فراگیر دما و در نتیجه بالا رفتن سطح آب دریا در حدود ۱۴۰۰۰ سال پیش آغاز گردیده است (تالر و همکاران، ۲۰۰۰). در آن زمان تنگه هرمز به صورت یک آبراهه باریک بوده است. در ۱۲۰۰۰ سال پیش پیشروی دریا به درون نواحی میانی خلیج فارس آغاز شده است. سطح آب در ۶۰۰۰ سال پیش به نزدیک سطح امروزی خود رسیده است (وود و همکاران، ۲۰۱۲).

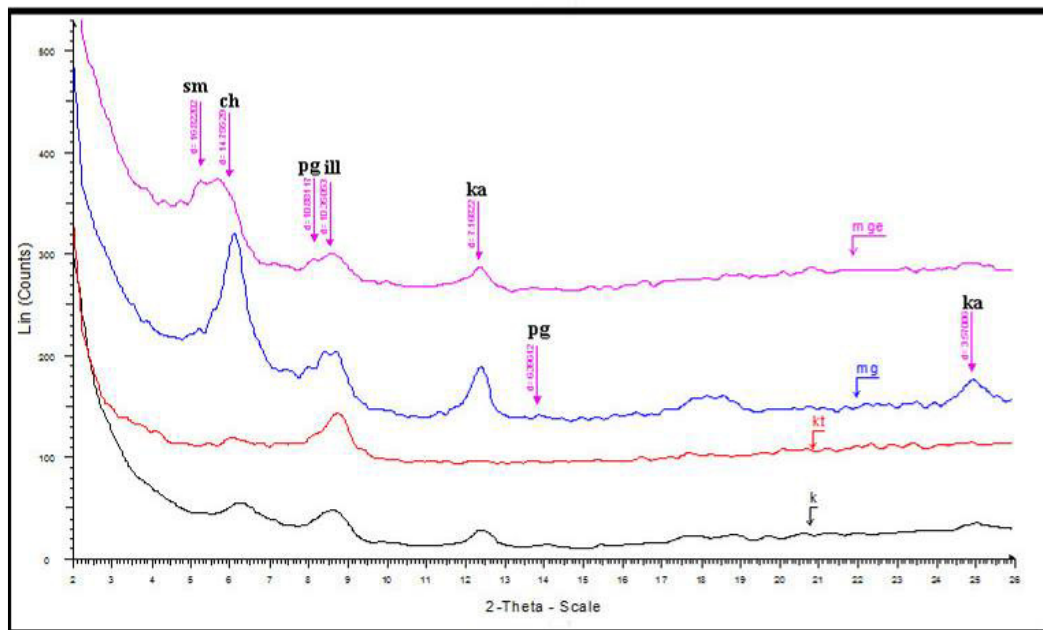
با توجه به نتایج بدست‌آمده، نظم و الگوی خاصی در پراکنش کانی‌های رسی (نظیر سایر کانی‌ها) در بخش شمالی خلیج فارس و رودخانه‌های ورودی به آن وجود ندارد. فقدان الگو در پراکنش آن‌ها (کائولینیت، کلریت، ایلیت، اسمکتیت و پالی‌گورسکیت) (شکل‌های ۱۱ ب و ۱۶ ب) می‌تواند به علت وجود عوامل گوناگون تامین و انتقال (جریان‌های رودخانه‌ای، انتقال بادی، جریان‌های جزر و مدی و دریایی) این ذرات باشد. سه منشأ اصلی موروثی (آواری)، نوظهوری^۱ و تبدیلی^۲ می‌توان برای پیدایش کانی‌های رسی در نظر گرفت (تاگر، ۱۹۹۴؛ مونیر، ۲۰۰۵). بررسی و مقایسه کانی‌شناسی رسوبات

¹ Neof ormation² Transformation

ایجاد پالی‌گورسکیت‌های نوظهور در نواحی سبخایی و سوپراتایدال بخش شمالی خلیج فارس و انتقال آن‌ها توسط باد یا رودخانه‌های ورودی به حوضه رسوبی خلیج فارس می‌گردد. البته برخی از پژوهش‌گران علاوه بر منشا نوظهور و اوتیژنیک (اکراوی، ۱۹۹۳ و ۱۹۹۴)، منشا آواری (الموسوی و باسی، ۱۹۹۲؛ السدباق و البدران، ۱۹۹۵) را نیز برای این کانی در خلیج فارس پیشنهاد کرده‌اند. در نهایت با توجه به موارد ذکر شده، به نظر می‌رسد که کانی‌های رسی مطالعه‌شده در این پژوهش به استثنای کانی پالی‌گورسکیت (عمدتا دارای منشا اوتیژنیک)، غالبا دارای منشا آواری و از طریق جریان‌های بادی و رودخانه‌ای وارد خلیج فارس می‌شوند و سپس توسط جریان‌های دریایی و جزر و مدی در بخش‌های مختلف ناحیه دریایی مورد مطالعه پراکنده می‌شوند. لازم به ذکر است که جریان ورودی از دریای عمان (امجدی و همکاران، ۱۳۹۰) نیز می‌تواند در تامین بخشی از کانی‌های رسی بخش شمالی خلیج فارس موثر باشد. انجام مطالعات دقیق‌تر به منظور تعیین سهم آواری یا اوتیژنیک کانی‌های رسی می‌تواند در پژوهش‌های آتی مورد توجه قرار گیرد.

مورد مطالعه علاوه بر منشا آواری، آب‌شویی فراوان رسوبات در مناطقی که تحت تاثیر بالآمدگی و چرخه‌های مجدد رسوب‌گذاری قرار گرفته‌اند، می‌باشد. با توجه به این‌که در ترکیب رسوبات خلیج فارس و رودخانه‌های ورودی به آن کانی‌های فلدسپار و میکا وجود دارند (شکل‌های ۱۱ الف، ۱۳ و ۱۷)، کائولینیت موجود در رسوبات می‌تواند نیز حاصل آب‌شویی متوالی رسوبات ناشی از چرخه‌های مجدد رسوب‌گذاری در پهنه‌های جزر و مدی و رودخانه‌های ورودی به ناحیه مورد مطالعه باشد. لازم به ذکر است که فرایندهای زمین‌ساختی نیز به صورت غیر مستقیم بر تشکیل کائولینیت (کانی‌های رسی) تاثیر دارند و بالآمدگی خلیج فارس و زاگرس (آگارد و همکاران، ۲۰۱۱؛ موترا و همکاران، ۲۰۱۲) باعث فرسایش بیشتر و در نتیجه افزایش سطوح سنگی در معرض فرسایش و ایجاد کائولینیت می‌شود. هم‌چنین، وجود توامان کانی پالی‌گورسکیت در نمونه‌های رودخانه‌ای (شکل ۱۶) و دریایی کم‌ژرفا و ژرف (شکل ۱۸) مطالعه شده، سبب ابهام و پیچیدگی در تعیین منشا دقیق این کانی شده است.

تبخیر زیاد، شوری بسیار زیاد (محیط هایپرسالین) و مقادیر قابل توجه کربنات‌ها از پارامترهای کنترل‌کننده



شکل ۱۸. دیاگرام سنجش پراش اشعه ایکس از رسوبات در بخش خاوری ناحیه شمالی خلیج فارس (نمونه T-3-3 در ژرفای ۸۳ متری آب). کانی‌های کلریت (ch)، ایلیت (ill)، پالی‌گورسکیت (pg)، اسمکتیت (sm) و کائولینیت (ka). لازم به ذکر است که در دیاگرام سنجش کانی‌های رسی به ترتیب (mge)، (mg)، (kt) و (k) نشان‌دهنده تیمار با مخلوط اتیلن گلیکول و کلرید منیزیم، با کلرید منیزیم، با مخلوط کلرید پتاسیم و تابش حرارت تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و با کلرید پتاسیم می‌باشد. موقعیت نمونه در شکل ۱ آورده شده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی ویژگی‌های رسوب‌شناختی (اندازه ذرات، نوع رسوب، اجزای تشکیل‌دهنده) و شناسایی کانی‌های تشکیل‌دهنده رسوبات (با استفاده از آنالیز پراش اشعه ایکس) در بخش شمالی خلیج فارس پرداخته شده است. لازم به ذکر است که استفاده هم‌زمان از اطلاعات فوق‌الذکر جهت دستیابی به اهداف این پژوهش در ناحیه وسیع مورد مطالعه امری نوآورانه بشمار می‌رود.

اجزای رسوبی در مناطق مورد مطالعه (بر اساس مورفوسکوپی و آنالیز پراش اشعه ایکس) به دو دسته آواری (نظیر کوارتز، قطعات کربناته تخریبی، فلدسپار، خرده‌سنگ، میکا، هماتیت و کانی‌های رسی به استثنای پالی‌گورسکیت) و آلی-زیستی (قطعات پوسته دوکفه‌ای، گاستروپود، فرامینیفرهای بنتیک و پلانکتونیک، استراکود، بریزوآ، اکتینودرم، اسکلت ماهیان و ذرات غیراسکلتی الیید) تقسیم شده است. بر اساس یافته‌های این پژوهش، بخش شمالی خلیج فارس یک حوضه رسوبی غنی از اجزای کربناته و فقیر از کوارتز است. رودخانه‌های ورودی به بخش شمالی خلیج فارس عامل مهمی در انتقال و تامین اجزای آواری (ذرات در اندازه گراول تا رس) به این ناحیه هستند. با توجه به بار رسوبی حمل شده توسط رودخانه‌ها، انواع رسوبات نهشته‌شده در مصب رودخانه‌ها و نواحی دریایی مجاور آن‌ها با یکدیگر متفاوت هستند (نظیر رسوبات گلی در مجاورت رودخانه اروند در مقابل رسوبات گل‌ماسه‌ای در مجاورت رودخانه زهره). اجزای آواری و آلی-زیستی توسط جریان‌های دریایی و جزر و مدی در تمام خلیج فارس پراکنده می‌شوند. به علت وجود عوامل گوناگون تامین و انتقال (جریان‌های رودخانه‌ای، جریان‌های جزر و مدی و دریایی) الگوی خاصی در پراکنش کانی‌ها و اجزای رسوبی در ناحیه مورد مطالعه مشاهده نشده است. منشاها اصلی کانی‌های رسی در نواحی مورد مطالعه ترکیبی از منشاها آواری برای کانی‌های ایلیت، کلریت، اسمکتیت و کائولینیت و نوظهوری برای کانی پالی‌گورسکیت می‌باشد. علاوه بر منشا آواری کانی کائولینیت، فراوان بودن این کانی در اقلیم خشک خلیج فارس می‌تواند حاصل آب‌شویی متوالی رسوبات ناشی از چرخه‌های مجدد رسوب‌گذاری در

پهنه‌های جزر و مدی و رودخانه‌های ورودی به این ناحیه باشد.

پیشنهادات

پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های تکمیلی آتی، تمایز دقیق بین سهم منشاها آواری و نوظهوری برای کانی‌های رسی و سهم کمی رودخانه‌های ورودی در تامین رسوبات آواری در بخش شمالی خلیج فارس انجام پذیرد. همچنین، توصیه می‌شود که شاخص‌های مهم دیگر موثر در تشکیل کانی‌های رسی غیر از اقلیم و مواد منشا (نظیر توپوگرافی و زمان) نیز مورد بررسی قرار گیرند. لازم به ذکر است که همیشه تغییرات در مجموعه کانی‌های رسی دریایی به طور سیستماتیک منعکس کننده تغییرات در شرایط هوازدگی در مناطق منشا قاره‌ای نمی‌باشد و ارتباط بین شاخص‌های اقلیمی و تشکیل کانی‌های رسی همیشه صحیح نیست. می‌توان جهت تعیین منشا آواری کانی‌های رسی در رسوبات جوان خلیج فارس از تعیین سن کانی‌های رسی و بررسی مقادیر ایزوتوپی رادیوژنیک (نظیر پتاسیم/آرگن، ساماریوم/نئودیمیوم و سرب/نئودیمیوم) نیز استفاده گردد. همچنین، لازم است که درباره مشاهده کانی هالیت در رسوبات رودخانه‌ای با توجه به قابلیت انحلالش، بررسی‌های تکمیلی صورت پذیرد. در ضمن جهت بررسی تاثیر نوسانات سطح آب خلیج فارس در طی کواترنری (پیشروی یا پسروی دلتاها) در تامین و انتقال اجزای آواری بایستی مطالعات ژئوفیزیکی دریایی کم‌ژرفا با دقت بالا به همراه مغزه‌گیری رسوبی و انجام سن‌سنجی با روش‌های مناسب انجام شود.

منابع

امجدی، ص، موسوی‌حرمی، ر، محمودی‌قرائی، م. ح، محبوبی، ا، کتک لاهیجانی، ح. ع (۱۳۹۰) کانی‌شناسی رس‌های موجود در رسوبات فلات قاره دریای عمان - ناحیه چابهار و ارتباط آن با برخاستگاه رسوبات. اقیانوس‌شناسی، ش. ۸، ص. ۱-۱۰.

بهبهانی، ر، لک، ر، حسین‌یار، غ، دهقان، ا (۱۳۹۲) تاثیر اکسیژن محلول، محتوی زیستی، زیست‌آشفتنگی و اندازه ذرات بر قابلیت حفظ مواد آلی در رسوبات سطحی بخش شمالی خلیج فارس. اقیانوس‌شناسی، ش. ۱۴، ص. ۴۵-۵۶.

- Al-Dabbagh, S. M., Albadran, B (1995) Clay minerals in the sediments of the North West part of the Arabian Gulf, Iraq. *Marina Mesopotamica*, 10: 223-230.
- Al-Dousari, A., Doronzo, D., Ahmed, M (2017) Types, indications and impact evaluation of sand and dust storms trajectories in the Arabian Gulf. *Sustainability*, 9: 1526, 1-14.
- Al-Mussawy, S. N., Basi, M. A (1992) Clay minerals of suspended-matter and surficial sediments of Khor Al-Zubair estuary, NW Arabian Gulf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 35: 1-11.
- Aqrawi, A. A. M (1993) Palygorskite in the recent fluvio-lacustrine and deltaic sediment of southern Mesopotamia. *Jour. Clay Minerals*, 28: 153-159.
- Aqrawi, A. A. M (1994) Petrography and mineral content of sea-floor sediments of the Tigris-Euphrates Delta, North-west Arabian Gulf, Iraq. *Estuar. Coast. Shelf Sci*, 38: 569-582.
- Barth, H. J., Yar Khan, N (2008) Biogeophysical setting of the Persian Gulf. In: Abuzinada, A. H., Barth, H. J., Krupp, F., Boer, B., Al-Abdessaalam, T. Z., (eds.), *protecting the Persian Gulf's marine ecosystems from pollution*. Birkhauser, Switzerland, 285 p.
- Behbahani, R., Hosseinyar, G., Lak, R (2015) The controlling parameters on organic matter preservation within the bottom sediments of the northern part of the Persian Gulf. *N. Jb. Geol. Palaont. Abh*, 276: 267-283.
- Bruthans, J., Fillipi, M., Asadi, N., Zare, M., Slechta, S., Churackova, Z (2009) Surficial deposits on salt diapirs (Zagros Mountains and Persian Gulf platform, Iran): characterization, evolution, erosion and the influence on landscape morphology. *Geomorphology*, 107: 195-209.
- Burberry, C. M., Jackson, C. A. L., Cosgrove, J. W. C (2011) Late Cretaceous to recent deformation related to inherited structures and subsequent compression within the Persian Gulf: a 2D seismic case study. *Journal of geological Society*, 168: 485-498.
- Carruba, S., Bertozzi, G., Perotti, C. R., Rinaldi, M (2007) Alcuni aspetti del diapirismo salino nel Golfo Persico. *Rend. Soc. Geol. Ital*, 4: 188-190.
- Carruba, S., Perotti, C. R., Buonaguro, R., Calabro, R., Carpi, R., Naini, M (2006) Structural pattern of the Zagros fold-and-thrust belt in the Dezful Embayment (SW Iran). *Geological Society of America Special Papers* 414, 11-32.
- Folk, R.L (1974) *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill, Austin, Texas, 159 p.
- Garzanti, E., Al-Juboury, A. I., Zoleikhaei, Y., Vermeesch, P., Jotheri, J., Bal-Akkoca, D., Kadhim-Obaid, A., Allen, M. B., Ando, S., Limonta, M., Padoan, M., Resentini, A.,
- بهبهانی، ر.، حسین‌یار، غ.، لک، ر.، قرائی، ا.، انسانی، م. و چاپچی‌زاده، س (۱۳۹۰) مطالعه اشکال و رسوبات بستر تنگه خوران (لافت- پهل)، شرق خلیج فارس. مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، دانشگاه اصفهان، ش. ۴، ص. ۱۰۱-۱۲۰.
- جنایی، ن.، لک، ر (۱۳۸۸) گزارش بررسی زمین‌شناسی دریایی خلیج فارس، فاز I: رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبی نواحی شمال باختری خلیج فارس، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت زمین‌شناسی دریایی، ۱۲۴ ص.
- دهقان‌چناری، ا (۱۳۹۳) گزارش مورفومتری و کانی‌شناسی رسوبات خاور خلیج فارس (باختر استان هرمزگان)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت زمین‌شناسی دریایی، ۱۳۰ ص.
- دهقان‌چناری، ا (۱۳۹۱) گزارش مورفومتری و کانی‌شناسی رسوبات خاور خلیج فارس (محدوده خاوری استان بوشهر)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت زمین‌شناسی دریایی، ۱۳۴ ص.
- سازمان بنادر و دریانوردی (۱۳۸۹) گزارش معرفی سلول‌های مطالعه رسوب. پروژه پایش و مطالعات شبیه‌سازی بخش‌هایی از سواحل استان‌های سیستان و بلوچستان و بوشهر، اداره کل مهندسی سواحل و بنادر، مهندسی مشاور سوگرا، ۱۴۱ ص.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (۱۳۸۲) *جغرافیای جزایر ایرانی خلیج فارس (قسم، لارک، هرمز و هنگام)*. ۶۲۷ ص.
- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L., Whitechurch, H., Vrielynck, B., Spakman, W., Monie, P., Meyer, B., Wortel, R (2011) Zagros orogeny: a subduction-dominated process. *Geological Magazine*, 148: 692-725.
- Ahmady-Birgani, H., McQueen, K. G., Mirnejad, H (2018) Characteristics of mineral dust impacting the Persian Gulf. *Aeolian Research*, 30: 11-19.
- Alavi, M (2004) Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *Am. J. Sci*, 304: 1-20.
- Al-Azhar, M., Temimi, M., Zhao, J., Ghedira, H (2016) Modeling of circulation in the Arabian Gulf and the Sea of Oman: skill assessment and seasonal termohaline structure. *Journal of Geophysical Research*, 121: 1700-1720.
- Albadran, B., Hassan, W. F (2003) Clay mineral distribution of supratidal region, South of Iraq. *Journal of Marine Mesopotamica*, 18: 25-33.
- Al-Bakri, D., El-sayed, M (1991) Mineralogy and provenance of the clastic deposit of the modern intertidal environment of the northern Persian Gulf, *Marine Geology*, 97: 121-135.

- sedimentation and diagenesis in the Persian Gulf. In: Purser, B. H., (eds.), the Persian Gulf: Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow epicontinental sea. Springer-Verlag, Berlin, New York, 1-9.
- Reynolds, R. M (1993) Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of the Oman—Results from the Mt Mitchell expedition the 1991 Gulf war: coastal and marine environmental consequences. *Marine Pollution Bulletin*, 27: 35-59.
- Sadrinasab, M., Hosseini, S. T (2012) Numerical modeling of surface and near bottom currents in the Bushehr Bay. *Journal of the Persian Gulf*, 3: 71-81.
- Seibold, E., Diester, L., Futterer, D., Lange, H., Muller, P., Warner, F (1973) Holocene sediments and sedimentary processes in the Iranian part of the Persian Gulf. In: Purser, B. H., (eds.), *The Persian Gulf: Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow epicontinental sea*. Springer-Verlag, Berlin, New York, 57-80.
- Sharland, P. R., Archer, R., Casey, D. M., Davies, R. B., Hall, S. H., Heward, A. P., Horbury, A. D., Simmons, M. D (2001) Arabian plate sequence stratigraphy, *GeoArabia Special Publication 2*, Persian Gulf Petrolink, Bahrain, 371 p.
- Stevens, T., Jestico, M. J., Evans, G., Kirkham, A (2014) Eustatic control of late Quaternary sea-level change in the Persian Gulf. *Quaternary Research*, 82: 175-184.
- Teller, J. T., Glennie, K. W., Lancaster, N., Singhvi, A. K (2000) Calcareous dunes of the United Arab Emirates and Noah flood: the postglacial reflooding of the Persian Gulf. *Quaternary International*, 68: 297-308.
- Tucker, M. E (1994) *Sedimentary petrology*, 2nd edn. Blackwell, 272 p.
- Wood, W. W., Baily, R. M., Hampton, B. A., Kraemer, T. F., Lu, Z., Clark, D. W., James, R. H. R., Al-Ramadan, K (2012) Rapid late Pleistocene/ Holocene uplift and coastal evolution of the southern Persian Gulf. *Quaternary Research*, 77: 215-220.
- Yao, F (2008) Water mass formation and circulation in the Persian Gulf and water exchange with the Indian Ocean. Phd thesis, Miami University, Florida, 140 p.
- Rittner, M., Vezzoli, G (2016) The Euphrated-Tigris-Karun river system: provenance, recycling and dispersal of quartz-poor foeland-basin sediments in arid climate. *Earth-Science Reviews*, 162: 107-128.
- Gharibreza, M. R., Habibi, A., Imamjomeh, S. R., Ashraf, M. A (2014) Coastal processes and sedimentary facies in the Zohreh River Delta (northern Persian Gulf). *Catena*, 122: 150-158.
- Heyvaert, V. M. A., Baeteman, C (2007) Holocene sedimentary evolution and palaeocoastlines of the Lower Khuzestan plain (Southwest Iran). *Marine Geology*, 242: 83-108.
- Hopner, T (1999) Intertidal treasure Khowr-e-Mussa unraised, *Wadden Sea Newsletter*, Germany, 1: 3-6.
- Hughes Clarke, M. W., Keij, A (1973) Organisms as producer of carbonate sediment and indicators of environment in the southern Persian Gulf. In: Purser, B. H., (eds.), *the Persian Gulf: Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow epicontinental sea*. Springer-Verlag, Berlin, New York, 35-56.
- Kampf, J., Sadrinasab, M (2006) The circulation of the Persian Gulf: a numerical study. *Ocean Sci*, 2: 27-41.
- Lambeck, K (1996) Shoreline reconstructions for the Persian Gulf since the last glacial maximum. *Earth and Planetary Science Letters*, 142: 42-57.
- Meunier, A (2005) *Clays*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 472 p.
- Mouthereau, F., Lacombe, O., Verges, J (2012) Building the Zagros collisional orogen: timing, strain distribution and the dynamics of Arabia/Eurasia plate convergence. *Tectonophysics*, 532-535: 27-60.
- Okay, A. I (2008) *Geology of Turkey: a synopsis*. *Anschnitt*, 21: 19-42.
- Perotti, C., Chiariotti, L., Bresciani, I., Cattaneo, L., Toscani, G (2016) Evolution and timing of salt diapirism in the Iranian sector of the Persian Gulf. *Tectonophysics*, v. 679, 180-198.
- Pous, S., Carton, X., Lazure, P (2012) A process study of the tidal circulation in the Persian Gulf. *Open Journal of Marine Science*, 2: 131-140.
- Purser, B. H., Evans, G (1973) Regional sedimentation along the Trucial Coast, SE Persian Gulf. In: Purser, B. H., (eds.), *the Persian Gulf: Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow epicontinental sea*. Springer-Verlag, Berlin, New York, 211-231.
- Purser, B. H., Seibold, E (1973) The principal environmental factors influencing Holocene